ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN

HERAUSGEGEBEN IM PREUSSISCHEN FINANZMINISTERIUM

SCHRIFTLEITER: INGENIEURBAU RICHARD BERGIUS · HOCHBAU Dr.-Ing. GUSTAV LAMPMANN

78. JAHRGANG | BERLIN, NOVEMBER 1928 | HEFT 11

Die Großmarkthalle in Frankfurt a. M.

Architekt Baudirektor Professor Elsaesser.

Von Dr.-Ing. Gustav Lampmann.

Die wirtschaftliche Aufgabe.

Die neue Markthallenanlage in Frankfurt a. M. ist für den Großhandel bestimmt. Unter Benutzung von besonderen, für Frankfurt als „Reexpeditionsort" erlangten Frachtvergünstigungen soll sie Umschlagplatz für den Import von Feld- und Gartenfrüchten, insbesondere Südfrüchten sein mit Nordwestdeutschland als Absatzgebiet. Im übrigen hat sie die Bestimmung, Groß-Frankfurt mit Obst und Gemüse zu versorgen. Das bauliche Organ eines derartigen Wirtschaftssystems muß auf weite Sicht bemessen werden. Die für die Größenbestimmung notwendigen Annahmen sind an sich unsicher, denn die wirtschaftliche Entwicklung ist nicht vorauszusehen, ebensowenig die Bewährung des neugeschaffenen Verkehrszentrums und seine Auswirkung auf den Handel selbst. Es verdient Anerkennung, daß man bei dieser Sachlage sich in Frankfurt nicht mit einer Teillösung abfand, indem man für den derzeitigen Bedarf baute und Erweiterungsmöglichkeit vorsah, sondern daß man — diese Unsicherheit durchaus optimistisch nehmend — sich zur Schaffung einer Bauanlage von außergewöhnlichen Abmessungen entschloß. So kann man die Entwicklung abwarten und ist auch für stärkste Beanspruchung auf lange Zeit gerüstet. Diese Bereitschaft liegt weniger in der Größe der eigentlichen Hallenfläche als in den umfangreichen Nebenanlagen, vor allem den Kühlräumen und dem ganzen betrieblichen und verkehrstechnischen Apparat. Hier sich mit dem dauernden Flickwerk des Um- und Anbauens je nach Erfordernis zu begnügen, wäre wirtschaftlich wie betrieblich, vor allem aber technisch von Nachteil gewesen. Für den jetzigen Bedarf allerdings ist die neue Anlage überreichlich groß geworden. Man fand den Ausweg, daß man zunächst die Halle dem Einzelhandel mit zur Verfügung stellte.

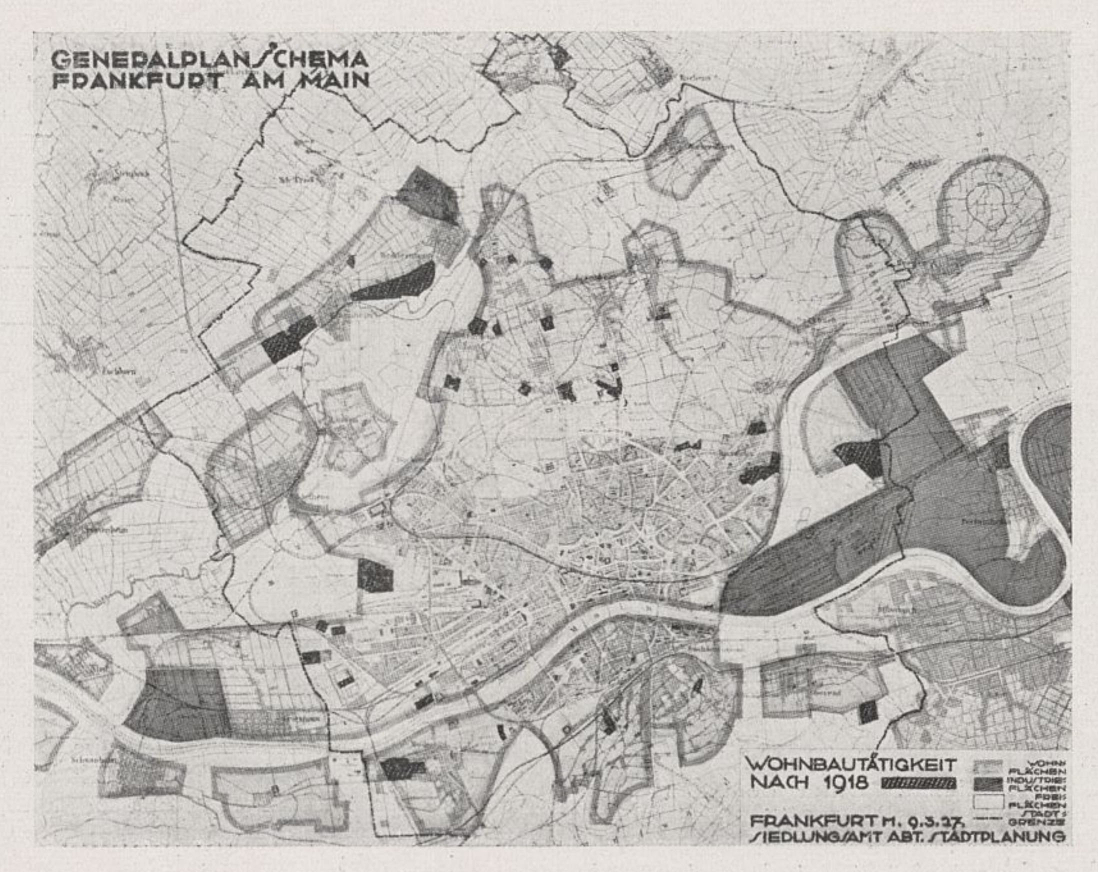
Die städtebauliche Lage.

Die städtebauliche Einordnung der Markthallenanlage war eine schwierige und verantwortungsvolle Aufgabe. Man hat nach langer Ueberlegung einen Platz im Osten der Stadt gewählt, in der Nähe des Ostbahnhofes, zwischen dem Rand der Wohnbebauung und dem neuen Industrieviertel am Osthafen. Die Schwierigkeit dieser Standortwahl lag schon in der Doppelbestimmung der Hallen für Weiterversand und für örtliche Versorgung. Der Verkehr für den ersten Zweck geht von Bahn zu Bahn und belastet das eigentliche Stadtgebiet nicht wesentlich. Hierfür ist die gewählte Lage in einem ausgesprochenen Industrieviertel mit günstigen Frachtanschlüssen ohne weiteres die gegebene. Anders liegen die Verhältnisse für den zweiten Zweck, den der örtlichen Versorgung. Er wirkt sich in einer Belastung des städtischen Straßenverkehrs aus, die um so fühlbarer wird, je mehr die Lage des neuen Verkehrszieles mit schon vorhandenen zusammenfällt, also gleichgerichtete Verkehrslinien erzeugt.

Die Struktur des Wachstums von Frankfurt zeigt ausgesprochene West-Ostrichtung, parallel mit dem Lauf der Mainlinie. Bestimmend dafür sind die im Osten und Westen der Stadt liegenden, in zunehmender Entwicklung begriffenen dichtbesiedelten Industriegebiete. Im Norden und Süden liegen ausgesprochene Wohnflächen. Die Ausdehnung des Stadtgebietes in der nahen Zukunft ist eindeutig nach Westen gerichtet durch die kürzlich erfolgte Eingemeindung von Griesheim und Höchst. Im Osten stößt die Weiterentwicklung unmittelbar auf die Industriestadt Offenbach, deren wirtschafts- und kommunalpolitischem Zusammenschluß mit Frankfurt die hessische Staatsgrenze — in absehbarer Zeit wenigstens — ein unüberschreitbares Hindernis bietet. Die neue Markthalle liegt also für die Stadtversorgung völlig exzentrisch, und außerdem so, daß der Zu- und Abstrom des Verkehrs aus dem Westen durch die Altstadt gepreßt wird. Dem sind die vorhandenen Straßenzüge nicht gewachsen. Umgehungsstraßen sind nicht benutzbar, da in Frankfurt die Gebiete der ehemaligen Befestigungsanlagen nicht zu den konventionellen „Ringstraßen" — man kann nur sagen — mißbraucht worden sind, sondern das Rückgrat einer Grünanlage mit umgebendem Wohnviertel bilden, das, unter besonderem Rechtsschutz stehend, ein Bezirk von seltener Schönheit und Hochwertigkeit geblieben ist.

Die Erkenntnis dieser Zwangslage in der Verkehrsentwicklung hat sich bereits bemerkbar gemacht in dem Plan zur Schaffung einer hochwasserfreien Uferstraße auf der rechten Mainseite, dessen Durchführung beschlossen und wohl schon begonnen ist. Wenn auch damit die Altstadt als Baudenkmal neben dem Schutz vor Ueberflutung einen solchen gegen die mittelbaren und unmittelbaren Verkehrsgefahren erhält, so wird er doch mit einer kaum geringeren Einbuße an städtebaulicher Schönheit bezahlt. Sie liegt darin, daß die Stadt ihres unmittelbaren Zusammenhangs mit dem Fluß beraubt und daß die alte Uferbebauung — deren Sockelzone in der Straßenerhöhung versinkt — zum mindesten in andere, wahrscheinlich aber weniger günstige Verhältnisse zur Umgebung als früher gebracht wird. Es ist darüber in der Zeitschrift für „Denkmalpflege und Heimatschutz"*) näher berichtet worden.

*) Denkmalpflege und Heimatschutz 1928. Heft 3 S. 22 und Heft 4 S. 29.

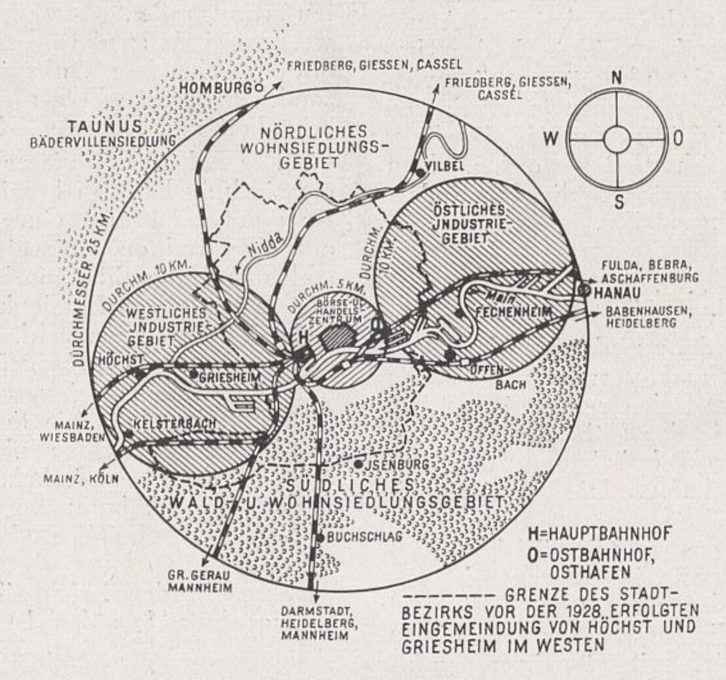


Generalplan von Frankfurt a. M.
Aus „Das neue Frankfurt". 1928. Heft 7/8.

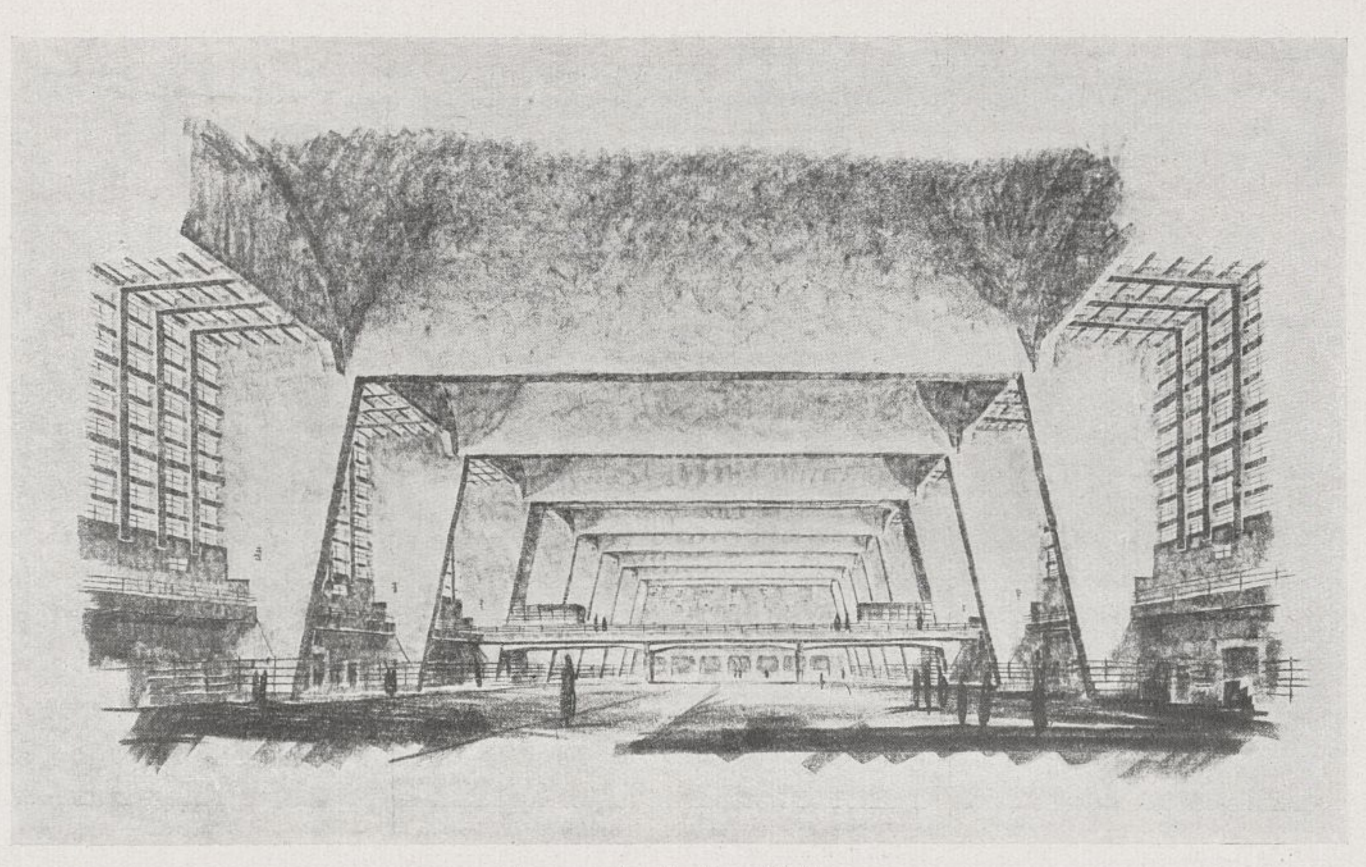
Hält man diese Einflüsse der neuen Halle auf die Stadt als Verkehrsorganismus und als Baudenkmal zusammen, so erscheint der gewählte Standort am Osthafen nicht überzeugend. Die Lage am Fluß ist für die Verkehrsgüter des Markthallenbetriebes kaum von Bedeutung, und der an sich günstige Bahnanschluß wäre vielleicht im Westen des städtischen Weichbildes noch günstiger zu haben gewesen. Jedenfalls wäre die Lage der Markthalle hier mehr an den Schwerpunkt des Gesamtwirtschaftsgebietes herangerückt, wie es denn überhaupt nahe lag, die Lösung der Standortfrage für die Markthalle im Zusammenhang mit der ohnehin in nicht unabsehbarer Zeit notwendig werdenden Verlegung der in dieser Zone liegenden Hauptpersonen- und Güterbahnhöfe zu suchen.

Oertlichkeit und Aufbau.

Nimmt man die einmal gewählte Lage als gegeben hin, so bot sie für Architekten besondere Reize. Denn das industrielle Viertel am Osthafen steht baulich eben am Anfang der Entwicklung. Dem neuen, überragend großen Bauwerk fiel damit nach seiner städtebaulichen Lage und Gestaltung von selbst eine beherrschende und bestimmende Rolle zu. Noch wesentlicher ist die Lage des Bauplatzes fast unmittelbar am Mainufer. Dieses Stück des rechten Mainufers zwischen der Obermain- und Deutschherrnbrücke, das Vorland des neuen östlichen Industrieviertels, verlangte ein ausdrucksvolles Gesicht nach dem Fluß zu, eine Gestaltung, die neben dem Bilde des alten Stadtkernes stromabwärts bestehen konnte. Bei der ausgesprochenen Längenachse der Hallenanlage



Schematische Darstellung des Wirtschaftsgebietes von Frankfurt a. M.
Aus „Der Rhein-Mainische Städtekranz mit seiner Zentrale Frankfurt a. M.".



Inneres der Großmarkthalle.

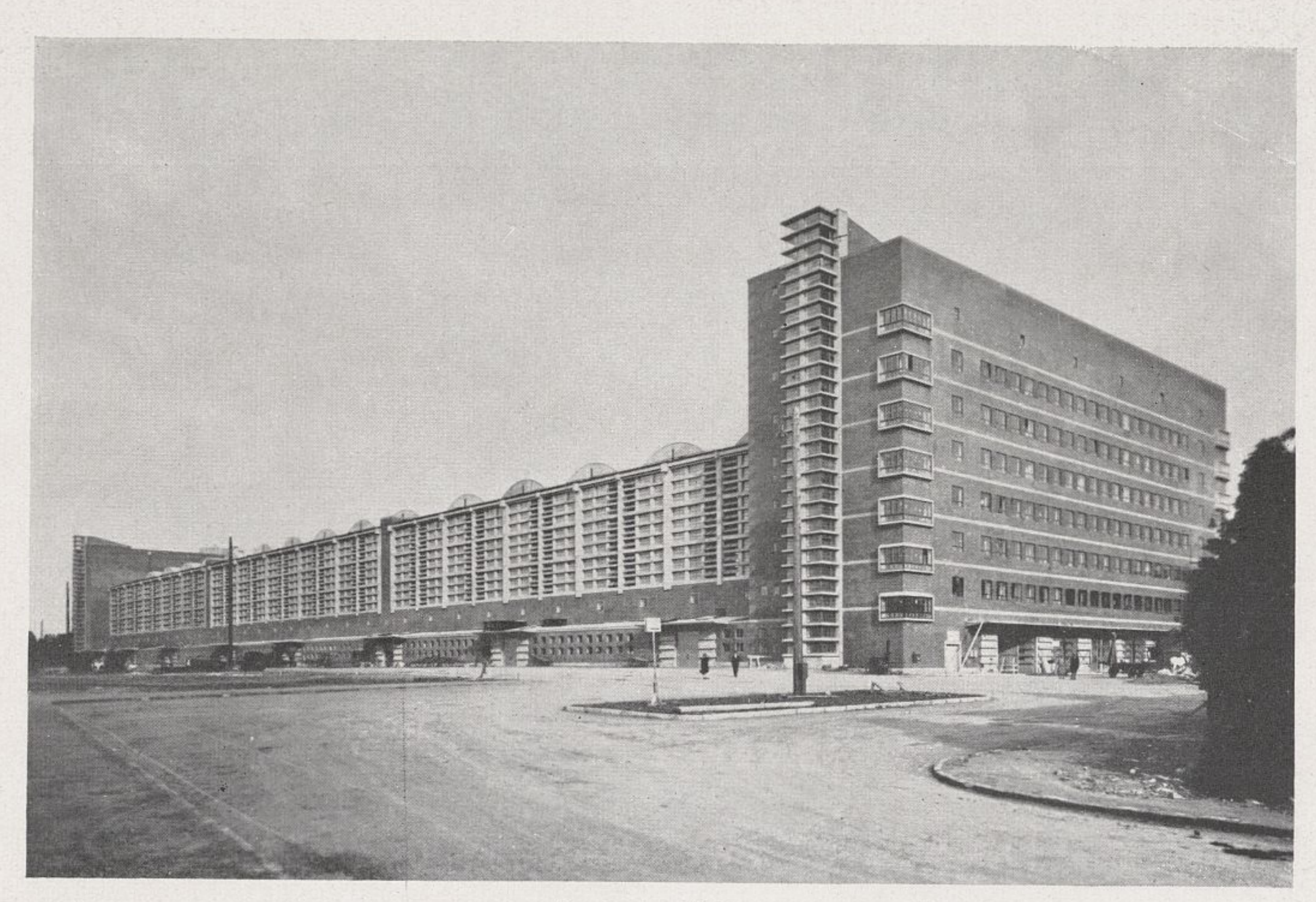
GROSSMARKTHALLE FRANKFURT a MAIN

Übersichtsplan.

DIE GROSSMARKTHALLE IN FRANKFURT AM MAIN.
Architekt Baudirektor Professor Elsaesser.



Gesamtansicht von der Mainseite aus.



Ansicht der Hofseite.

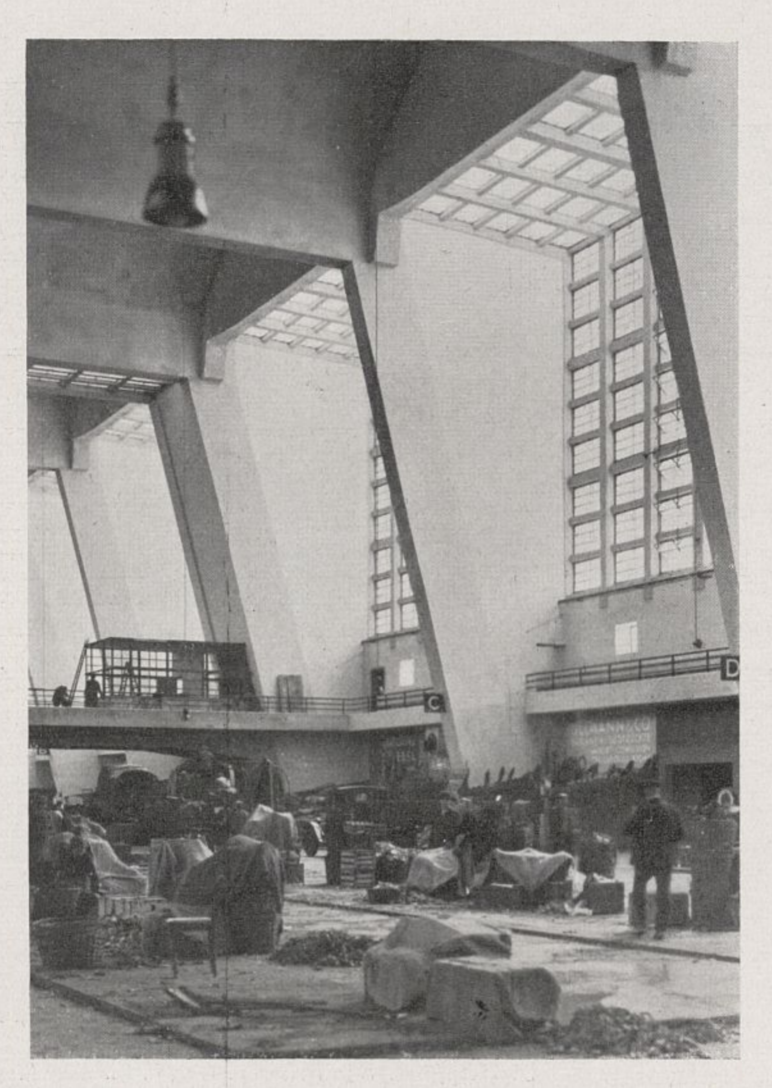
DIE GROSSMARKTHALLE IN FRANKFURT AM MAIN.

Architekt Baudirektor Professor Elsaesser.

Zeitschrift für Bauwesen. 78. Jahrgang 1928. Heft 11.



Hofseite der Großmarkthalle.



Inneres der Großmarkthalle.

war ihre Parallelführung mit dem Flußlauf das gegebene Mittel einer möglichst repräsentativen Erscheinung. Die Baumasse der Haupthalle, 250 m lang und im Hallenscheitel 23 m hoch, steigt nach der Landseite unvermittelt auf. Die Halle wird von zwei 29 m hohen Kopfbauten symmetrisch gefaßt (westlich Bürohaus, östlich Kühlhaus). Nach der Flußseite legt sich, kürzer und wesentlich niedriger, die Importhalle mit Zoll- und Sortierhalle vor. Den Uebergang in dieser Stufenfolge zum Wasserspiegel des Flusses bilden zwei viergeschossige Wohn- und Verwaltungsgebäude, die sich winkelförmig an die hochragenden Endbauten der Haupthalle anschließen und zugleich deren überdeckte Entladegeleise einfassen. Es ist so eine Baugruppe entstanden, die sich in ihrer Gesamtmasse den natürlichen Formelementen der Flußlandschaft, Länge und Ebene, angleicht, während sie andererseits die charakteristischen Geländeeigenschaften durch den Kontrast ihrer Vertikalen steigert und bereichert. Nach der Stadtseite zu steht die gewaltige Baumasse bis jetzt noch beziehungslos in baulicher Oede. Es wird Aufgabe des Bebauungsplanes sein, ihr den geeigneten Rahmen aus der Umgebung zu schaffen. Zwischen Import- und Haupthalle sind die Anschlußgeleise geführt, ausgehend von einer geräumigen Abstellanlage und einer Gruppe von Zollgleisen der städtischen Hafenbahn. Sie sind unter der Ueberdachung an der Haupthalle sägeförmig ausgezogen, was eine besonders übersichtliche und schnelle Abfertigung der Wagen gewährleistet, da man von jedem einzelnen Wagen auf den stumpf aufstoßenden Entladerampen unmittelbar in die Halle gelangt. Der Wagenverkehr von und aus der Stadt mündet auf der flußabgewandten Seite der Haupthalle auf einem weiten Wagenhalteplatz, dem „Markthof", der die Halle von Westen, Norden und Osten umschließt und dem Verkehr ausreichende Entwicklungsmöglichkeiten bietet.

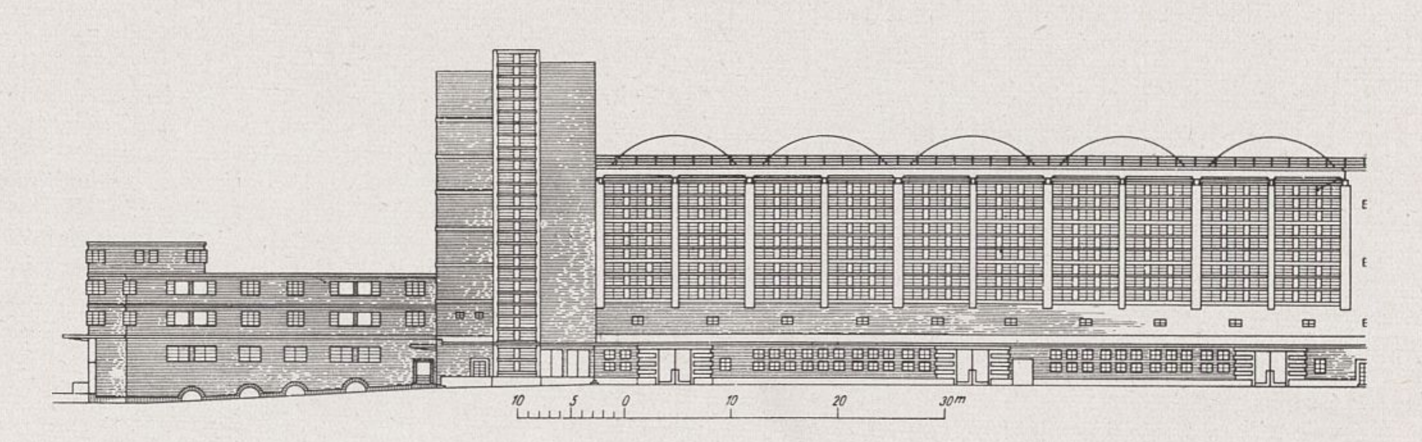
Die Hauptzufahrt zur Halle erfolgt für Fahrzeuge unter dem Bürohaus, die Ausfahrt unter dem Kühlhaus. Den Fußgänger- und Handwagenverkehr zum Hof wie zur Bahnanlage vermitteln an den Längsseiten der Halle je 8 Tore. Den Keller erreicht man von der überdeckten Laderampe aus durch zwei Schrägrampen sowie vier Aufzüge. Große Fahrzeuge gelangen in den Keller über die im westlichen Wohnungsanbau liegende Kellereinfahrtstraße und verlassen ihn über die Kellerausfahrtsrampe unter dem östlichen Wohnungsanbau. Vom Markthof aus erreichbar, führen durch die Halle zwei Brücken, die sich über die Gleisanlage und die Ladestraße hinweg zur Importhalle fortsetzen. Außerdem sind die Keller der beiden Hallen durch einen Tunnel miteinander verbunden.

Die Bauten.

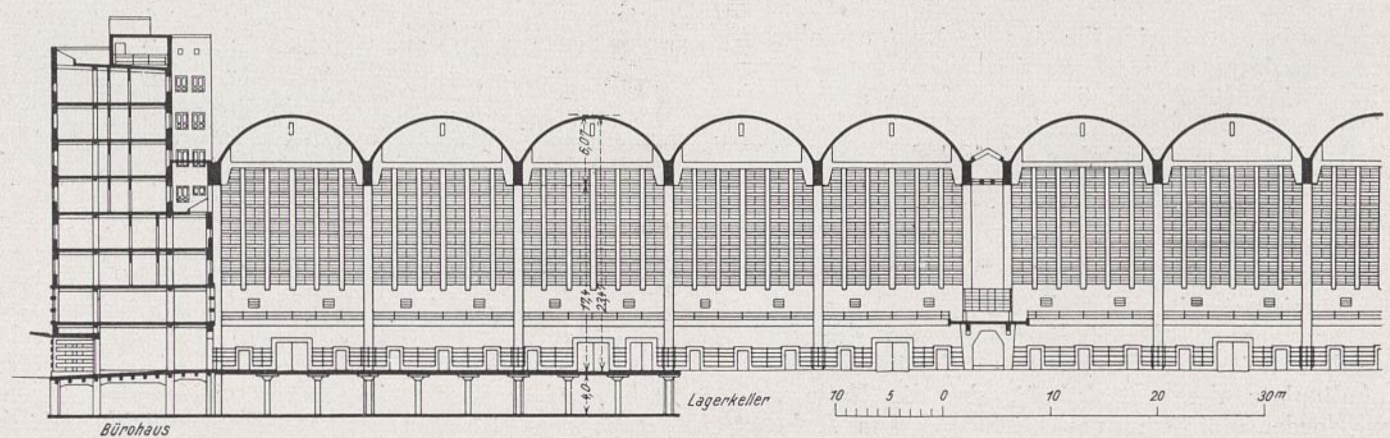
Die Haupthalle ist 220 m (mit den Kopfbauten 250 m) lang und 50 m breit und in den Gewölben 17 bzw. 23 m hoch. Von der Gesamtgrundfläche von 11 000 qm entfallen 6500 qm auf Groß- und Kleinhandelsstände. Die Großhandelsstände befinden sich mit vorgelegten Geschäftsräumen längs der Außenwände und sind durch Scherengitter abgeschlossen. Sie liegen an zwei Fahrstraßen von je 8 m Breite. Die seitlichen Ausgangstore haben Windfänge, von denen aus die Kellertreppen, die Mülleinwurfsschächte, Brunnen und verschiedene Geräteräume der Marktverwaltung zugänglich sind. Der gesamte Hallenraum ist in 4.50 m Höhe von einer Galerie umzogen, die, an zwei Stellen durch 4 m breite Betonbrücken verbunden, den Käufern zur allgemeinen Uebersicht und den Händlern zur Aufsicht vor dem eigentlichen Marktbeginn dienen. Auf den beiden Brücken sind Kaffeewirtschaften eingerichtet. Außerdem befindet sich dort die Markthallenaufsicht mit den Schalttafeln für die gesamte technische Einrichtung.

Großmarkthalle, Grundriß Erdgeschoß (linke Hälfte).

A = Aufzug, B = Brausen, C = L. K., D = Pissoir, E = Fahrbare Waage, F = Fernsprecher, G = Waage, H = Schaltraum, I = Zollbeamte.



Hauptansicht mit dem westlichen Wohnungsanbau.

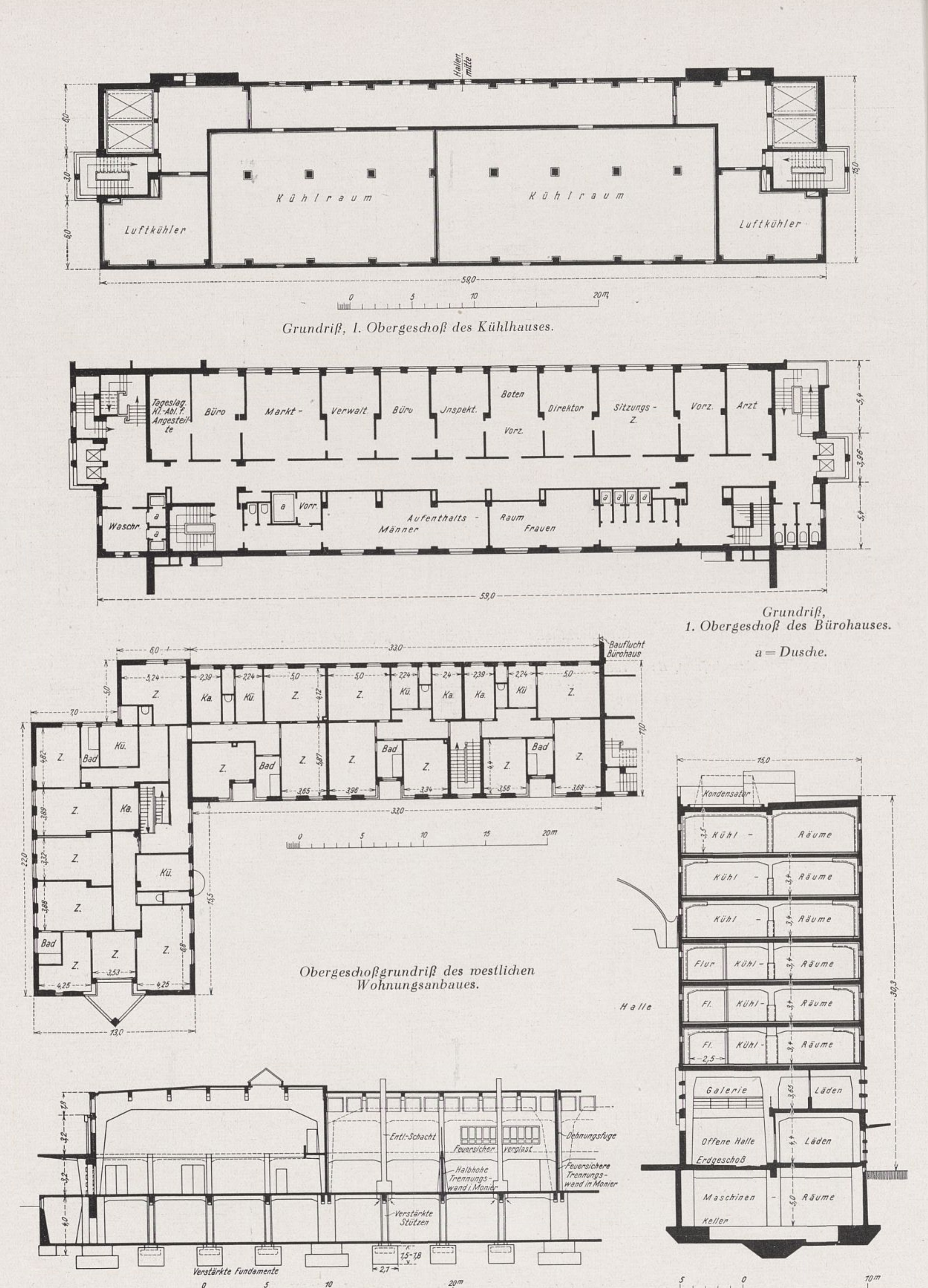


Großmarkthalle, Längsschnitt.

Großmarkthalle, Grundriß Erdgeschoß (rechte Hälfte).

A = Aufzug, B = Brausen, C = L. K., D = Pissoir, E = Fahrbare Waage, F = Fernsprecher, G = Waage, H = Schaltraum, I = Zollbeamte.

Großmarkthalle, Querschnitt durch die Halle gegen das Kühlhaus.



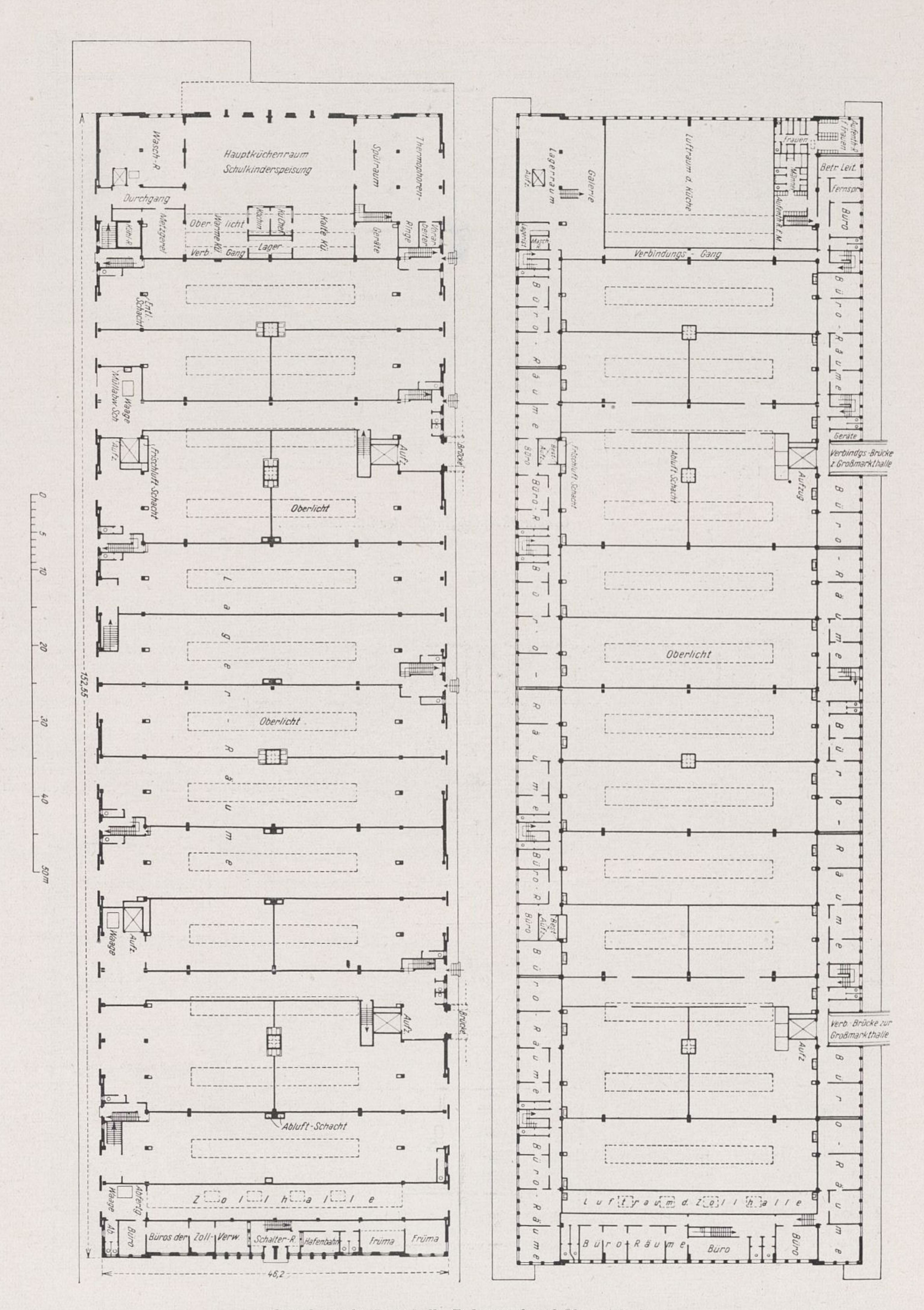
Grundriß, I. Obergeschoß des Kühlhauses.

Grundriß, 1. Obergeschoß des Bürohauses.
a = Dusche.

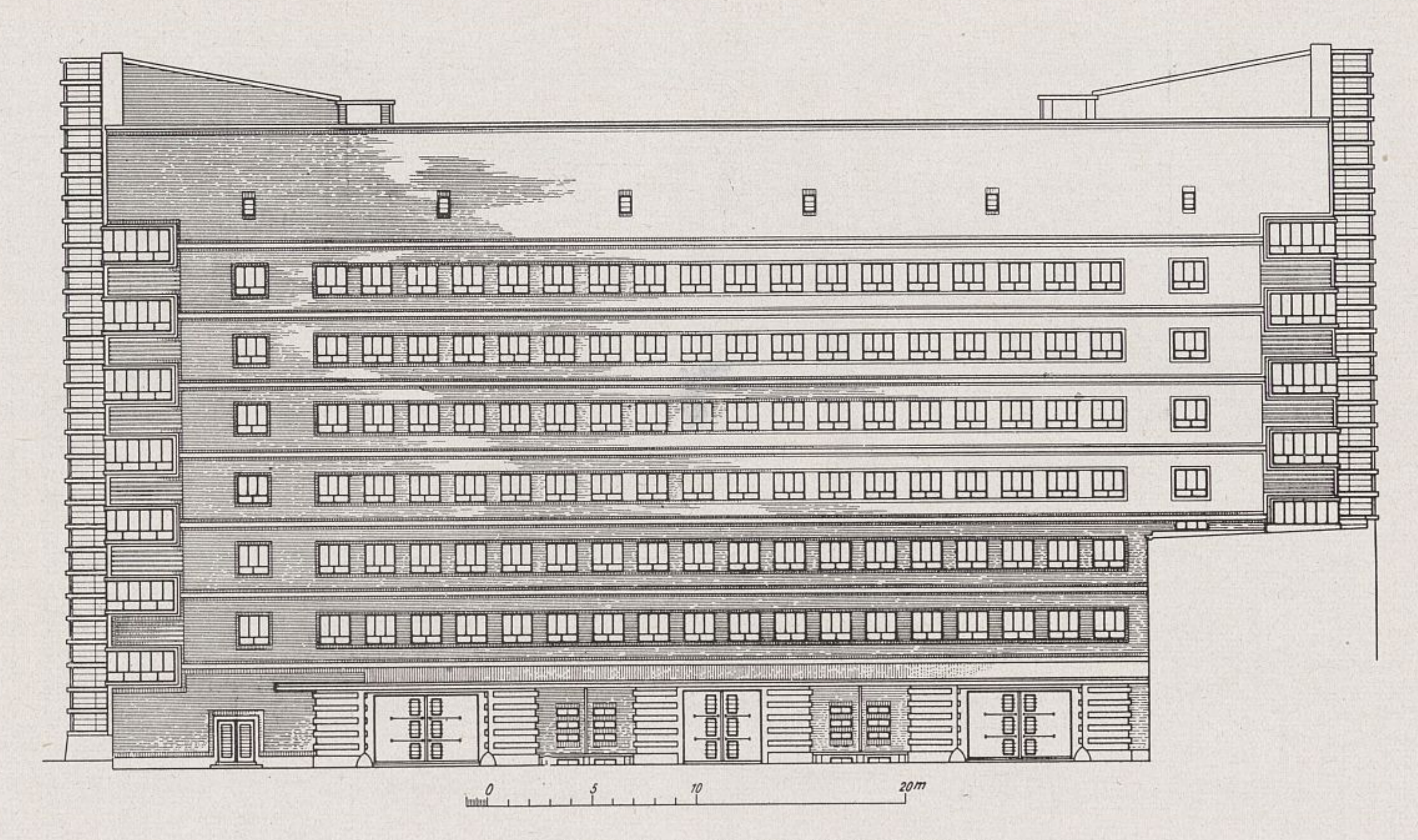
Obergeschoßgrundriß des westlichen Wohnungsanbaues.

Längsschnitt durch die Lagerhalle.

Schnitt durch das Kühlhaus.

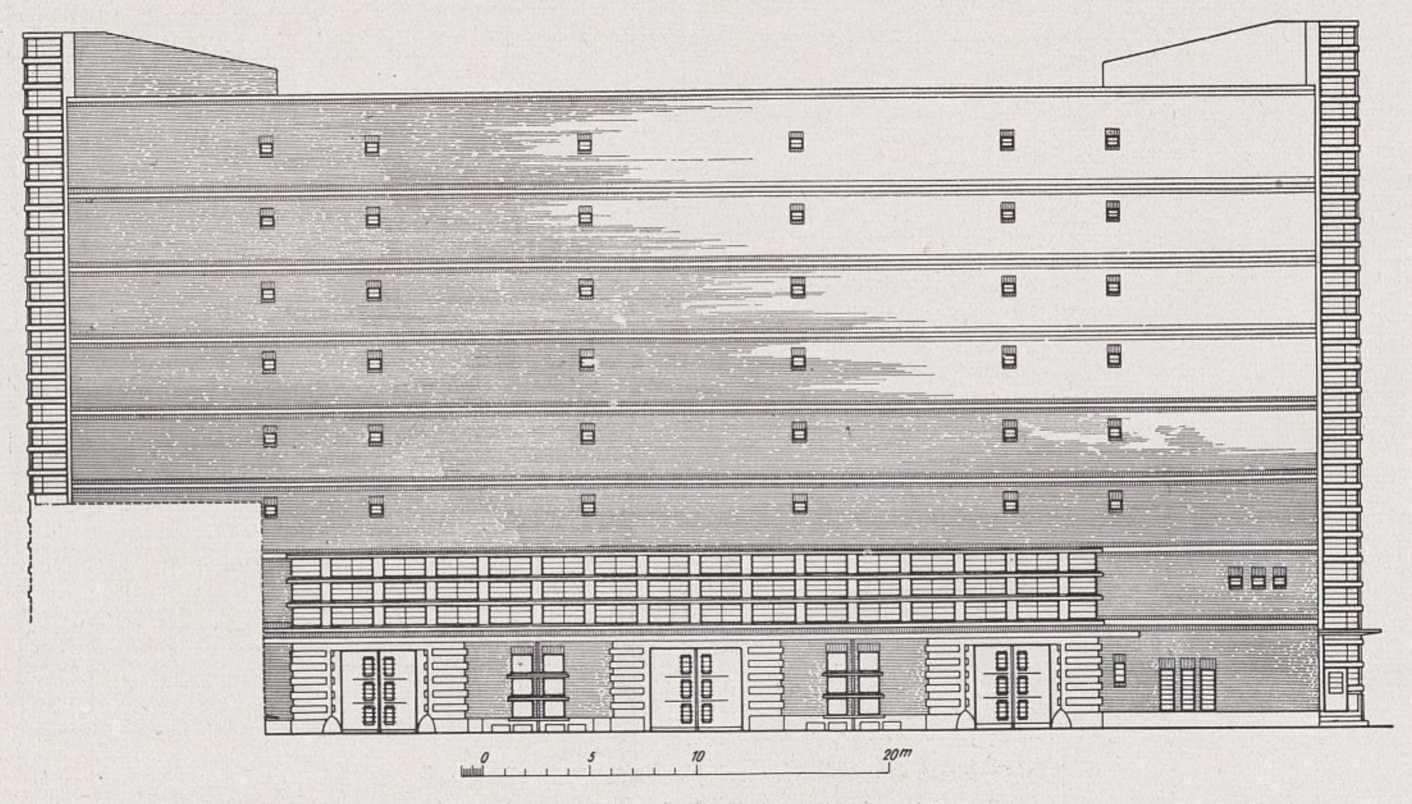


Grundrisse der Lagerhalle, Erdgeschoß und Obergeschoß.

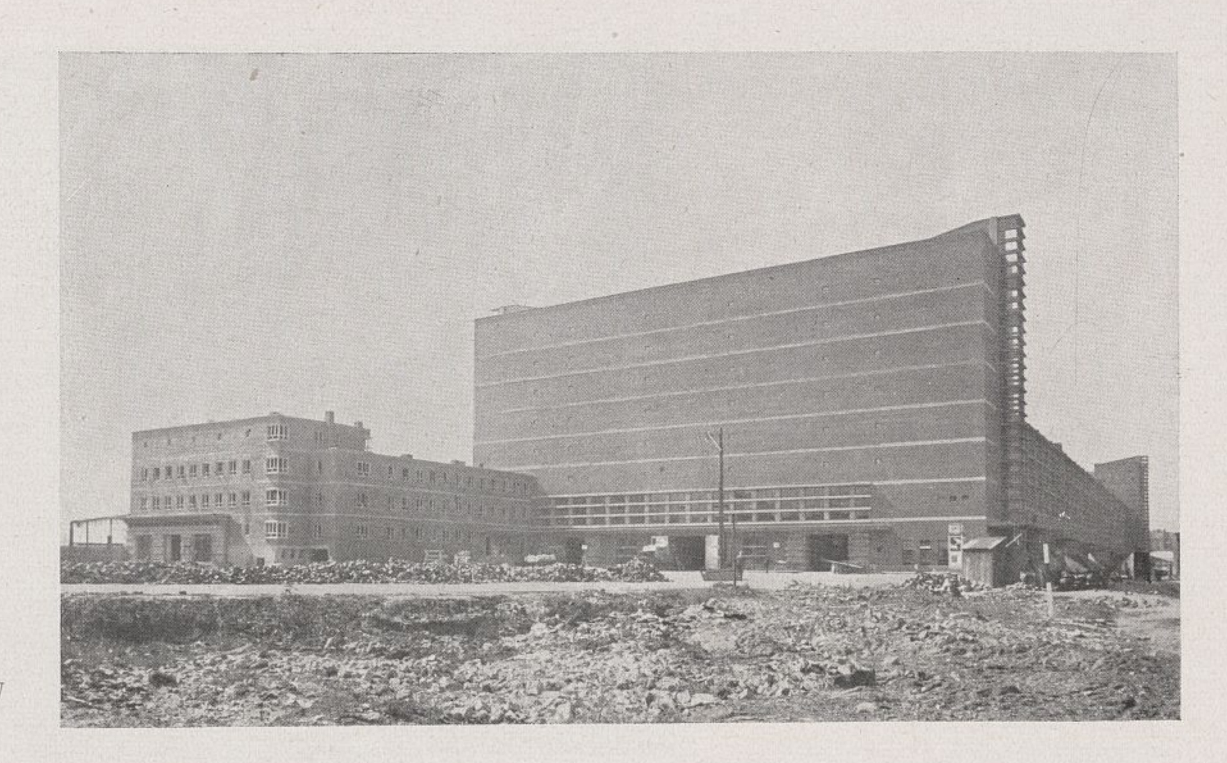


Großmarkthalle, Ansicht der Bürohausseite.

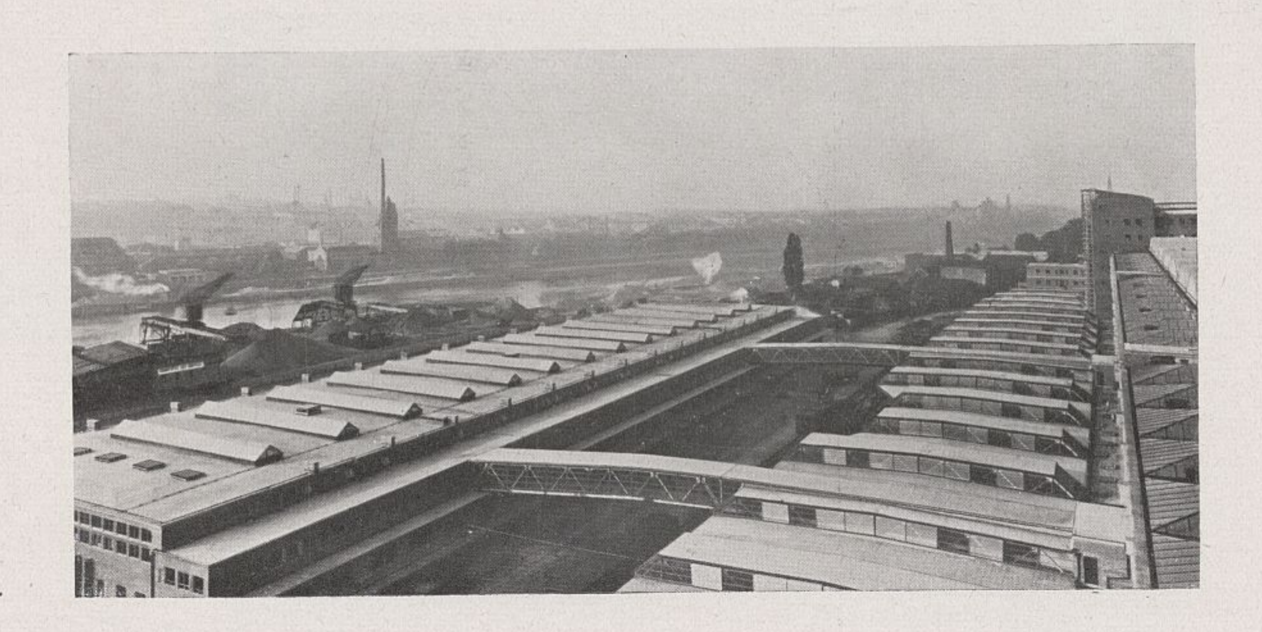
Die Beleuchtung wird durch tiefhängende, hochkerzige elektrische Glühlampen bewirkt. Zur Beseitigung des Mülls sind Bunker angeordnet, die von oben gefüllt und nach unten in Spezialwagen entleert werden. Der Keller enthält 8500 qm Lagerräume, die von zwei Autostraßen längs durchzogen werden. In mehreren Nebenräumen sind die weit verzweigten elektrischen, wärmetechnischen und maschinellen Apparate und Anlagen untergebracht. Im Kellergeschoß liegen ferner, an zentraler Stelle, sowohl von der Halle wie vom Hof aus zugänglich, die Abortanlagen. Der Keller wird auf mechanischem Wege unter Zuhilfenahme von Lüftungsschächten gelüftet, die über das Dach der Halle geführt sind. Für gewöhnlich genügen zur Entlüftung der Halle die seitlichen Fenstergruppen, die durch besondere Vorrichtungen mechanisch bewegt werden können. Im Bedarfsfalle können auch die Ventilatoren der Luftheizungsapparate zur Entlüftung benutzt werden bis zu einer stündlich eineinhalbfachen Erneuerung des gesamten Luftraumes. Die Wärmeversorgung für die gesamte Markthallenanlage erfolgt von der Kesselzentrale des Schlacht- und Viehhofes aus, der schräg gegenüber auf der anderen Mainseite liegt. Der dort erzeugte Dampf wird durch zwei Leitungen über die Deutschherrnbrücke zu den wärmetechnischen Apparaten im Keller der Haupthalle geführt, von wo aus die Verteilungsleitungen nach



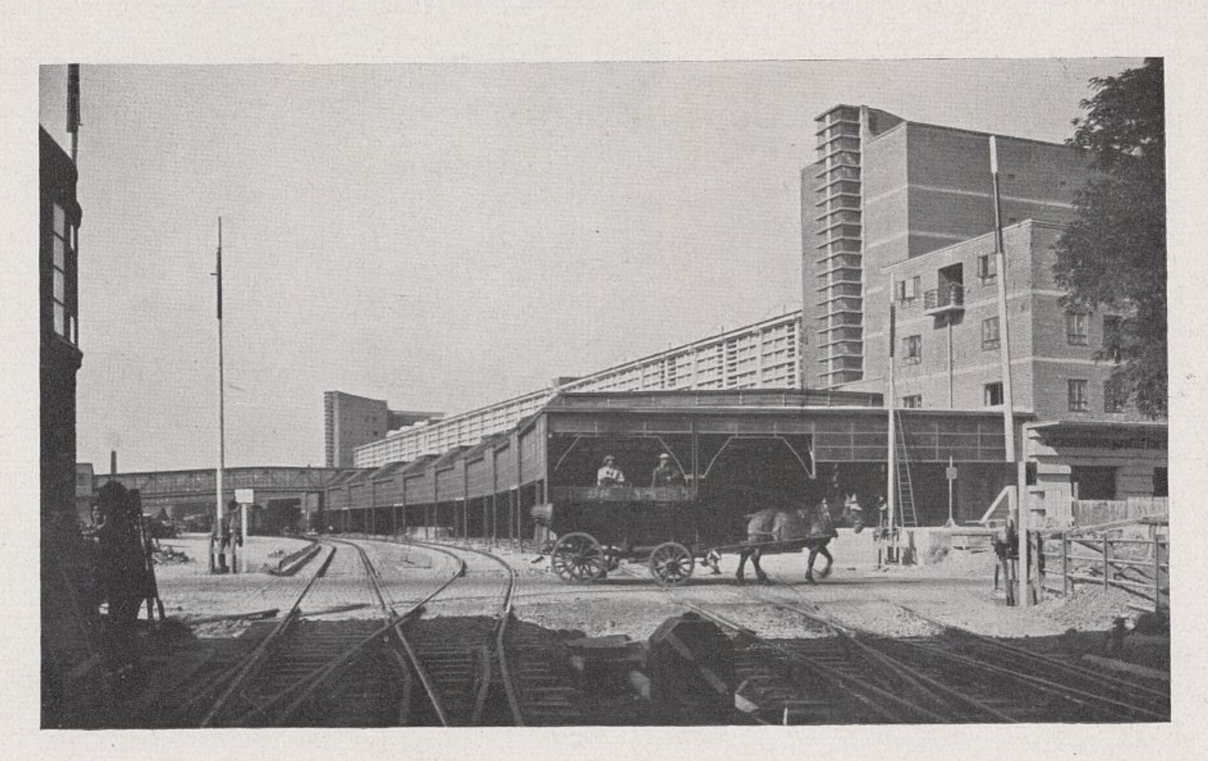
Großmarkthalle, Ansicht der Kühlhausseite.



KÜHLHAUS
MIT DEM ÖSTLICHEN
WOHNUNGSBAU.

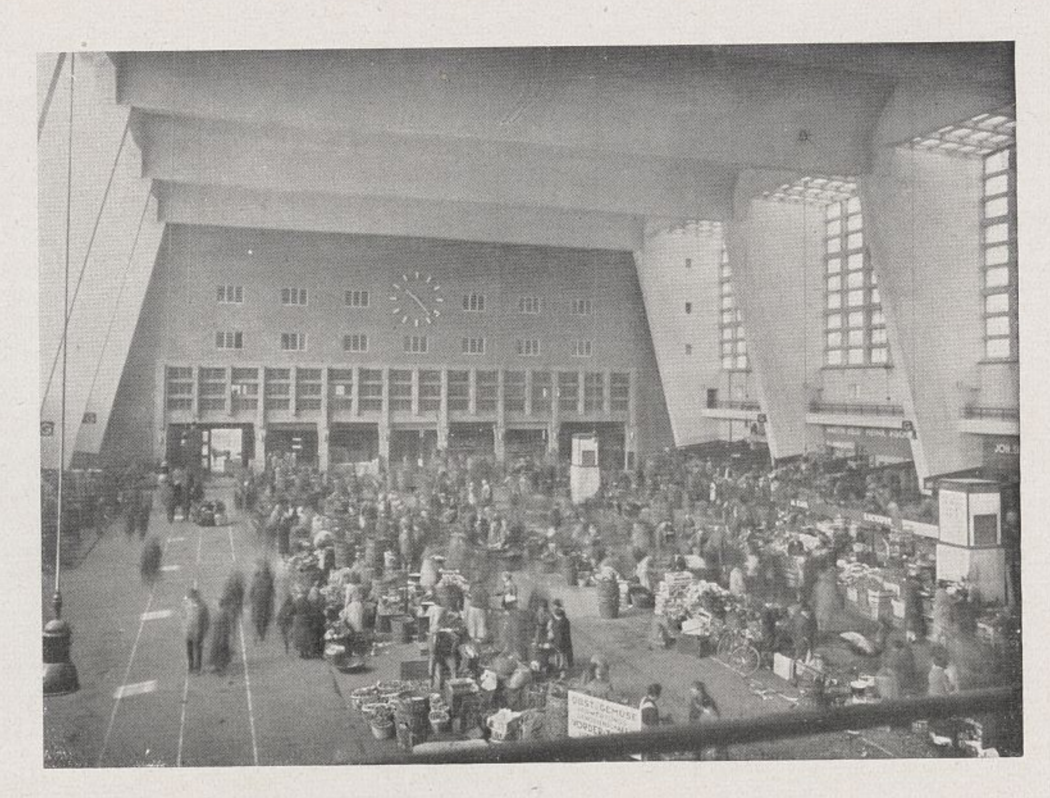


IMPORTHALLE UND
GLEISÜBERDACHUNG.



GLEISANLAGE
MIT BLICK AUF DIE
LAGERHALLEN.

INNERES DER GROSSMARKTHALLE.

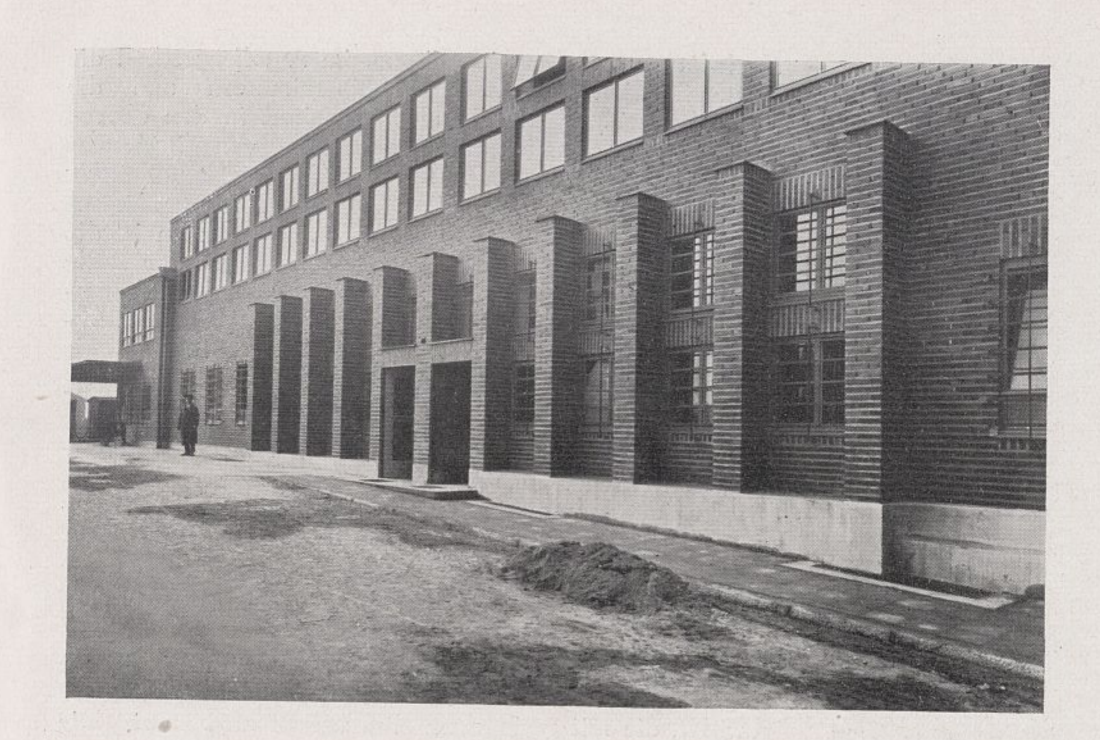




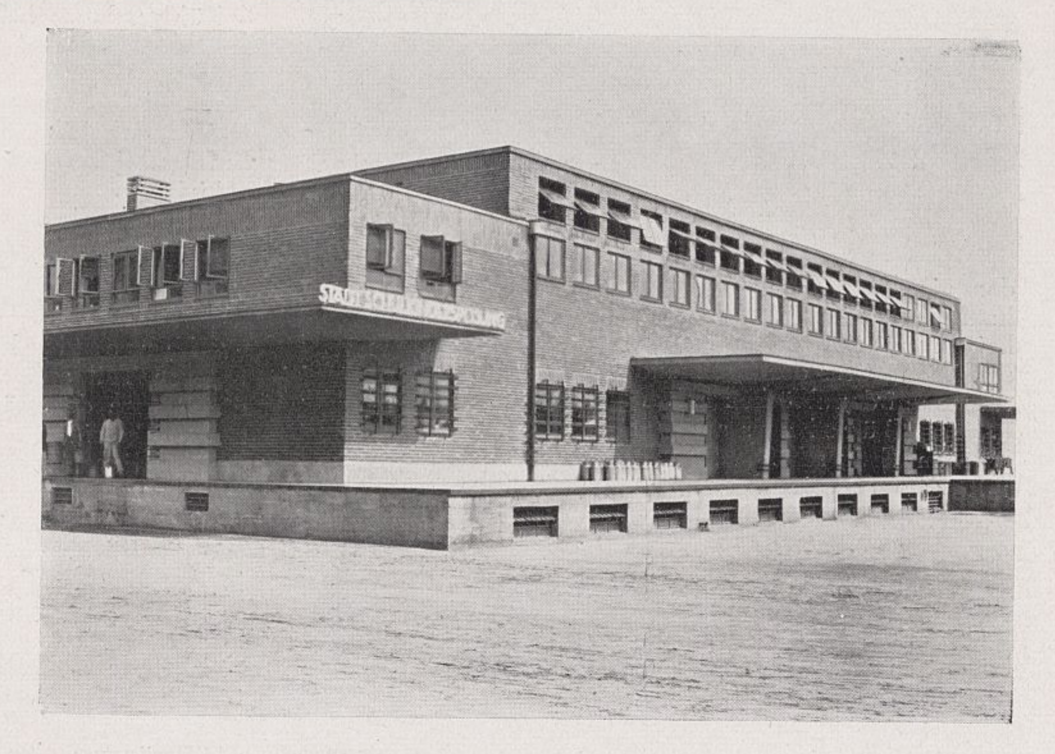
INNERES DER GROSSMARKTHALLE.
BLICK AUF DIE HALLENSTIRNWAND.



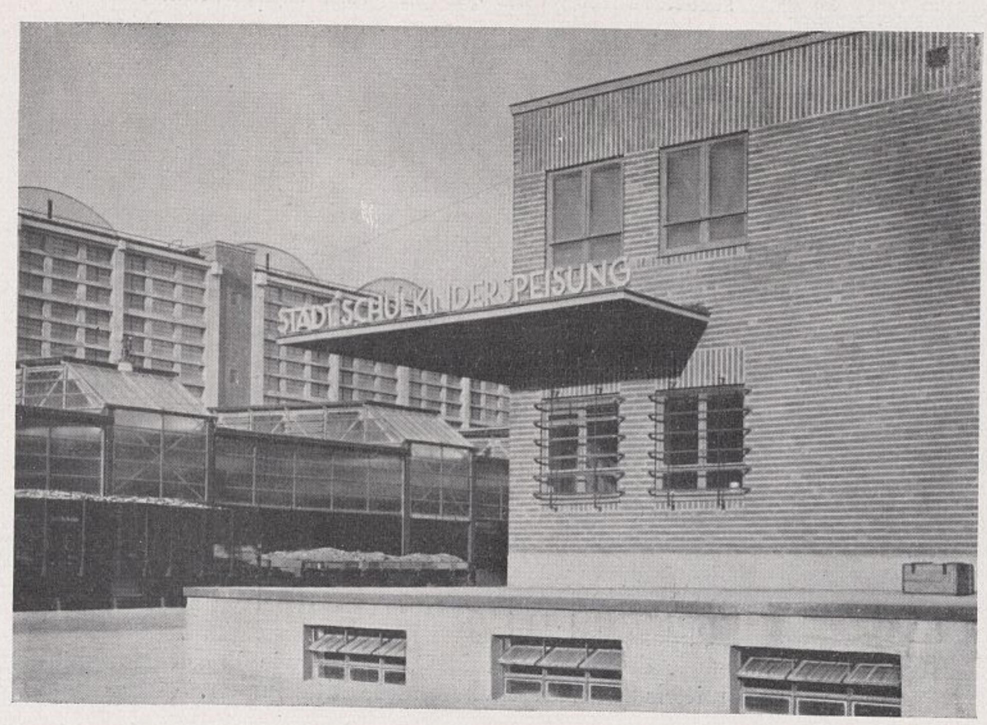
INNERES DER GROSSMARKTHALLE
MIT DER ÜBERBRÜCKUNG.



ANSICHT DER ZOLLHALLE.



ANSICHT DER IMPORTHALLE.



STÄDTISCHE SCHULKINDERSPEISUNG UND BLICK AUF DIE GROSSMARKTHALLE.



Laden im Kühlhaus.

den einzelnen Gebäudegruppen abzweigen. Die Halle kann bei niedrigster Außentemperatur mittels Luftheizungsventilatoren auf + 5 ° C erwärmt werden. Die seitlichen Büros der Großhandelsstände sowie die Kaffeeräume auf den Brücken haben Niederdruckdampfheizung.

Das Bürohaus am Westende der Haupthalle enthält im Erdgeschoß Verkaufsräume, auf gleicher Höhe mit der Galerie der Halle im 1. Obergeschoß die Marktkasse und Geschäftsräume, im 2. Obergeschoß die Marktdirektion mit ihren Geschäftszimmern und die Aufenthaltsräume für die Marktarbeiter, in den oberen 6 Geschossen vermietbare Büroräume von insgesamt 2000 qm sowie 2 Ateliers. Das Bürohaus ist unabhängig von der Markthalle von außen her über 2 Treppenhäuser und 2 Paternosteraufzüge zugänglich. Außerdem ist die Marktdirektion über zwei innere Treppen mit der Halle verbunden. Die Erwärmung besorgt eine Vakuumheizungsanlage, die ihren Dampf von der Niederdruckdampfringleitung auf der Hallengalerie erhält.

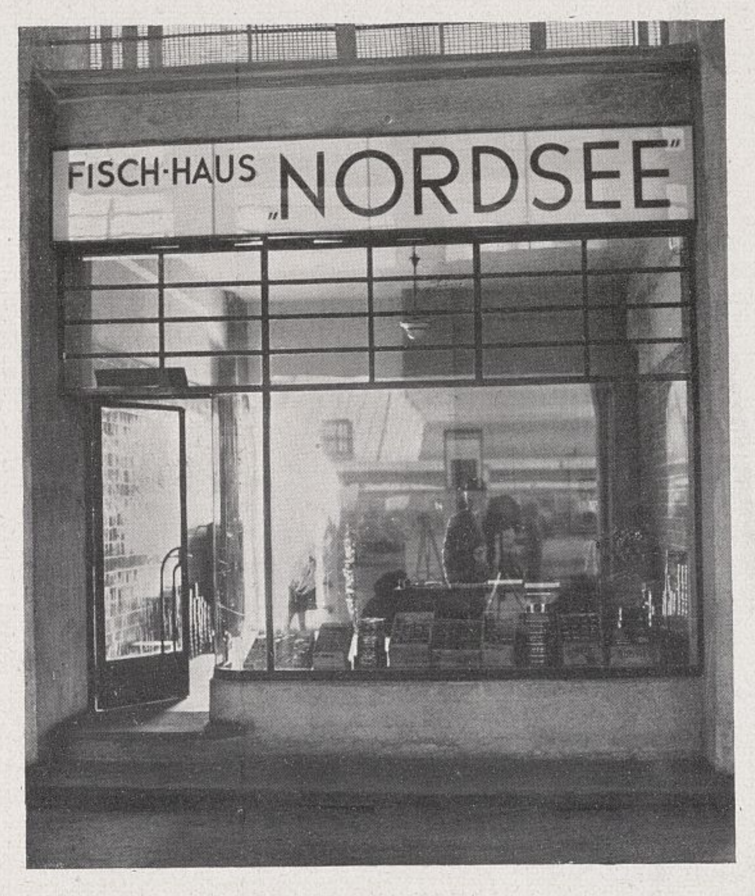
Das Kühlhaus am Ostende der Haupthalle enthält 3000 qm Kühlfläche, die durch 4 Aufzüge und 2 Treppenhäuser erreicht werden. Im Erd- und Galeriegeschoß liegen Verkaufsläden. Der Keller enthält die Kältemaschinenanlage (drei liegende Einzylinder-Ammoniak-Kompressoren von je 340 000 Kalorien stündlicher Leistung bei — 10° C Verdampfung) und eine Eisfabrik mit einer Tagesproduktion von 220 Zentnern. Der Antrieb erfolgt durch Drehstrom-Elektromotoren.

Statt der üblichen Anordnung der Kühlräume im Keller nebeneinander wurde eine mehrgeschossige Anlage gewählt, die mit geringerem Kältebedarf auskommt. Die 6 Kühlgeschosse haben eine belegbare Bodenfläche von 3000 qm. Da bei dem ständigen Wechsel in der Benutzung für die einzelnen Räume bestimmte Temperaturen nicht festzulegen sind, ist die Einrichtung so getroffen, daß jeder Raum auf — 6 ° C bei entsprechender Luftfeuchtigkeit gekühlt werden kann. Besondere Apparate in jedem Geschoß kühlen die Abluft, trocknen sie und führen sie nach Entkeimung den Kühlräumen von neuem zu. Für ausreichende Lufterneuerung sorgen besondere Frischluftkanäle. Alle Apparate werden durch Registrierinstrumente zentral überwacht.

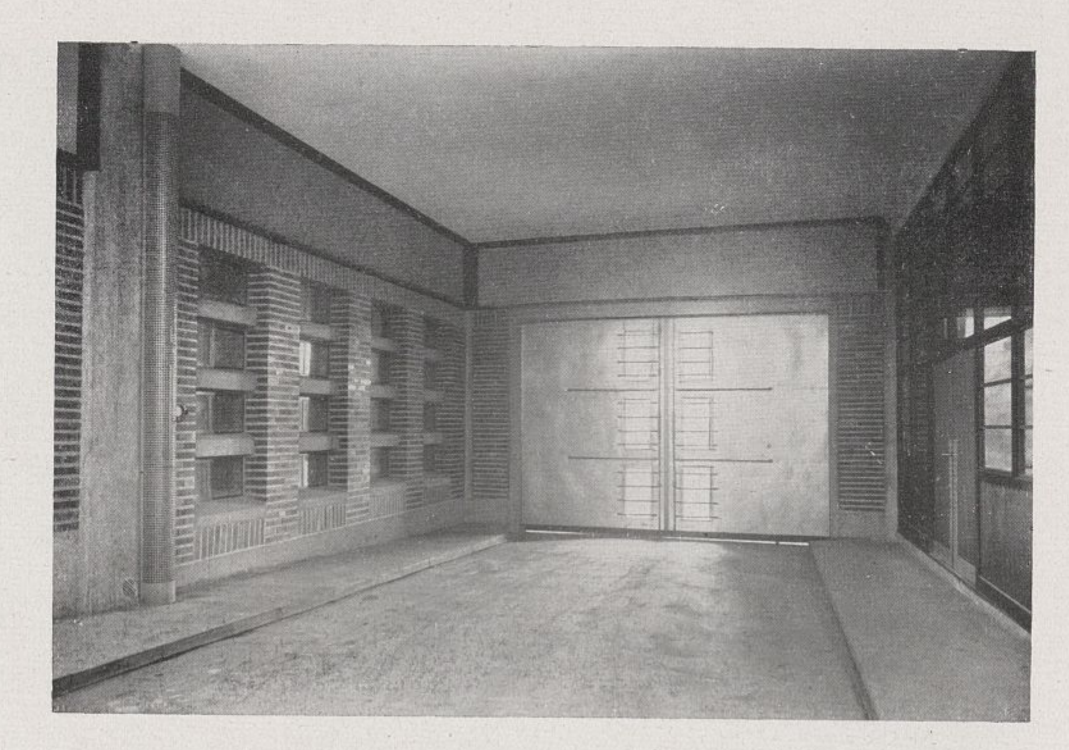
Im westlichen Wohnungsanbau sind im unteren Teil außer der oben erwähnten Kellereinfahrt die Räume der städtischen Sparkasse, Läden und die zweigeschossige Markthallengaststätte untergebracht. Die darüber liegenden beiden Geschosse enthalten 11 Beamtenwohnungen. Die Heizungsanlage des westlichen Wohnungsanbaues ist als Milddampfheizung ausgebildet, die, wie das Bürohaus, von der Niederdruckdampfringleitung in der Haupthalle versorgt wird. Im östlichen Wohnungsanbau, der eine normale Warmwasserheizung besitzt, enthalten die beiden oberen Geschosse 14 kleinere Wohnungen. Das Erdgeschoß ist frei gehalten für Geschäftsräume. Ferner sind hier die Räume der Hafenbahn, und die Reichsbahn hat neben anderen Geschäftsräumen eine 400 qm große Stückguthalle belegt.

Die Importhalle ist über dem vorhandenen Keller einer im Jahre 1917 angefangenen, aber nur behelfsmäßig ausgeführten Lebensmittelhalle gebaut und dient der Lagerung von Südfrüchten, Südwein und anderen Umschlagsgütern. Das Obergeschoß enthält Büroräume für Großfirmen, für deren Verbindung mit den zugehörigen Lagern durch reichliche Anordnung von Treppen und inneren Fenstern gesorgt ist. Bahn- und Straßenseite der 152 m langen und 46 m breiten Halle sind im Anschluß an die beiden überdachten Brücken zur Haupthalle durch zwei Querstraßen miteinander verbunden. Aufzüge vermitteln den Verkehr zum Keller und zu den Brücken. An der westlichen Kopfseite der Importhalle sind die Küchen-, Lager- und Verwaltungsräume der städtischen Schulkinderspeisung untergebracht, an der östlichen Kopfseite die Diensträume der Zollverwaltung.

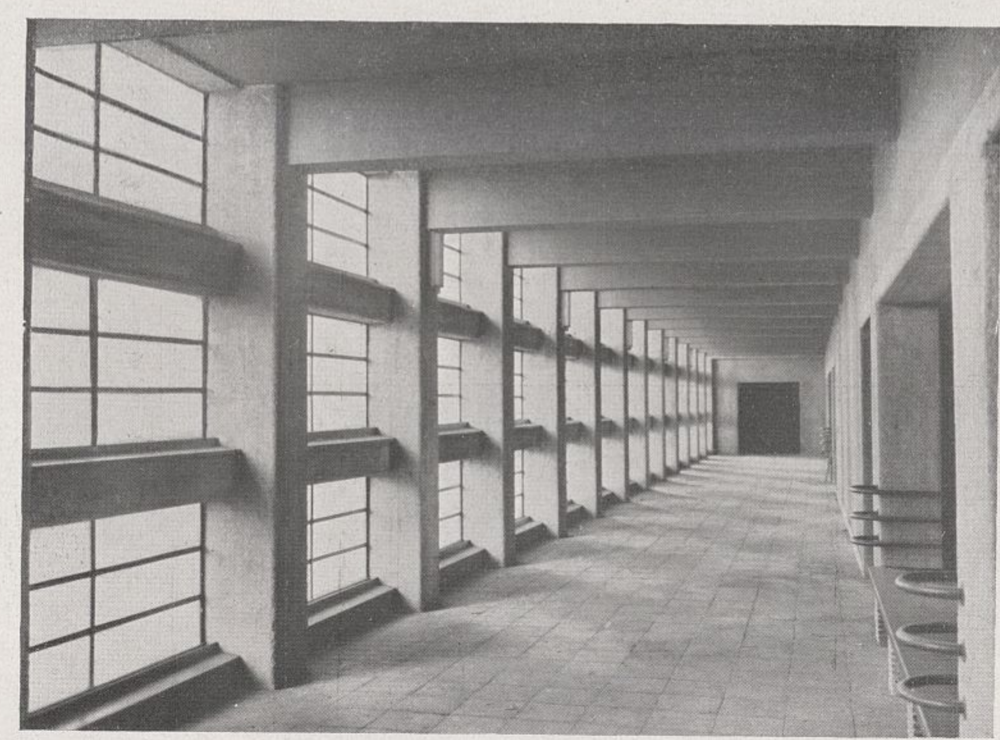
Im Anschluß an die Importhalle liegt die 400 qm große Sortierhalle, in der sich, gegen unbeteiligte Zuschauer geschützt, der mit starker Abfallbildung verbundene Betrieb der Warenauslese vollzieht. Die Beseitigung der Abfälle erfolgt, ebenso wie in der Haupthalle, mittels Einwurf in besondere Müllbunker.



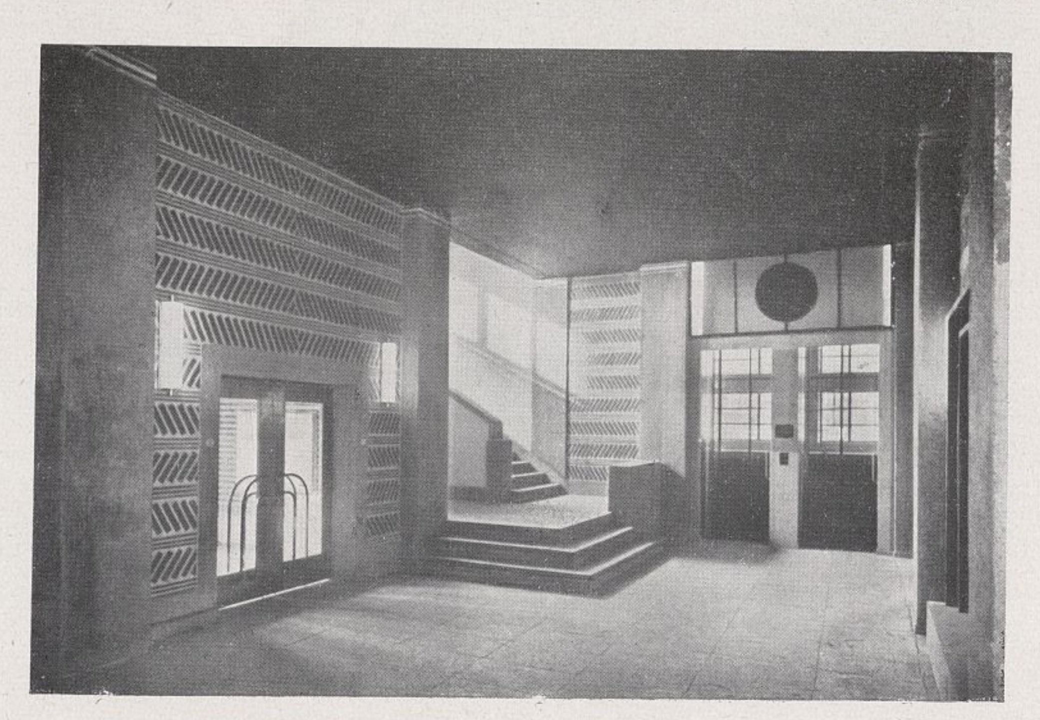
Ladeneinbau.



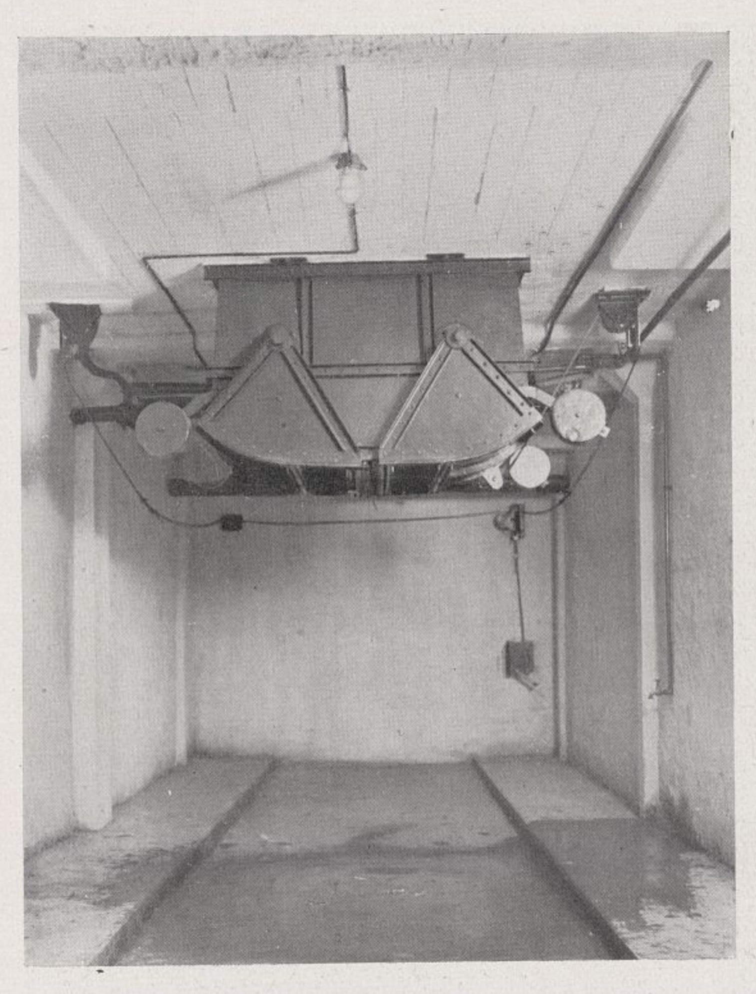
HAUPTEINFAHRT.



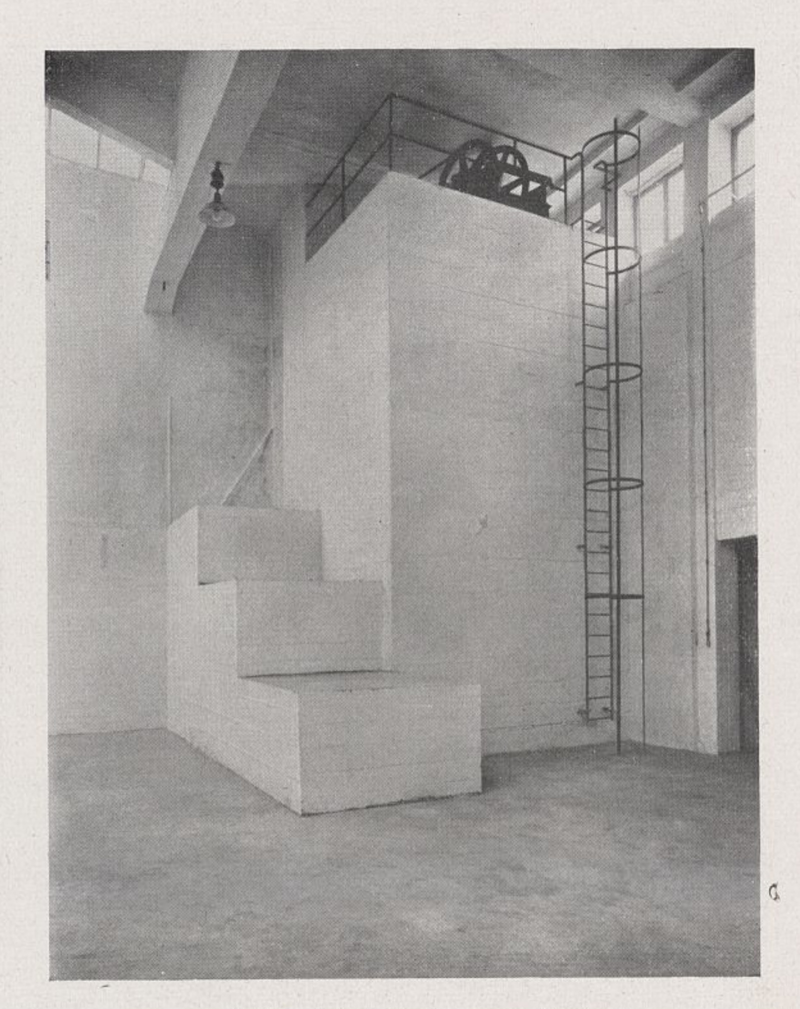
GALERIE IM BÜROHAUS.



VORHALLE IM BÜROHAUS.



Müllbunker im Keller.



Aufzugeinbau in der Importhalle.



Lagerraum im Keller.



Einfahrt zur Waage.



Flur des 2. Obergeschosses im Bürohaus.



Importhalle, Großhandelslager.

Architektonische Gestaltung.

Die Architektur der Haupthalle erhält ihr Gepräge von dem gewählten Konstruktionssystem. Das bestimmende Formelement dieser Konstruktion ist außer dem Baustoff — Eisenbeton — die gleichmäßige Aneinanderreihung von 15 Tonnenschalen, die den 50 m breiten und 220 m tiefen rechteckigen Hallenraum quer zur Längenachse freitragend überdecken. Diese Tonnen bilden eine statisch zusammenwirkende, einheitliche Abdeckungsfläche und übertragen ihre Lasten vermittels massiver Schildbogenwände auf verhältnismäßig sehr dünne, schrägstehende Pfosten. Es ist künstlerisch wie praktisch eine gleich konsequente Ausdeutung der außerordentlichen Dünne und Leichte dieses Konstruktionssystems, daß die seitlichen Wände völlig in Glasflächen aufgelöst sind. Sie steigen am Fußende der Schrägpfosten als senkrechte Raumabgrenzung auf und haben ihren Halt in einem fachwerkartigen Rahmenwerk aus Eisenbeton, das in Höhe der Tonnenkämpfer, in wagerechter Fläche abgebogen, an die Unterkante der massiven Tonnenschildbogen anschließt. Die etwa dreieckigen Zwischenräume zwischen dem Rücken der Schrägpfeiler und der senkrechten Fensterwand haben bündig mit ihren Seitenflächen eine Ausmauerung erhalten, die zugleich die Entlüftungsschächte des Kellers sowie die Abfallrohre der Dachentwässerung aufnimmt. Es entstehen so in jedem der 15 Tonnenfelder von Licht erfüllte Nischen, die den Raum rhythmisch gliedern, ihn weiten und zugleich schließen. Diese sich nach oben verbreiternde Lichtzone zu beiden Seiten der Längswände gibt dem Innenraum eine befreiende Weite und, indem sie die Schrägpfeiler entstofflicht, nimmt sie ihnen zugleich alles Pathetische, das sie nach Stellung und absoluter Größe der Raumform leicht hätten geben können. Es entsteht so ein großer Raumeindruck reinlicher, heller Sachlichkeit, die dem Zweck in vollkommener Weise entspricht. An zwei Stellen, zwischen je fünf Tonnen, ist der Raum in 4,5 m Höhe durch zwei Betonbrücken untergeteilt, die den obenerwähnten praktischen Zwecken des Aufenthalts, der Ueberwachung und der Querverbindung dienen. Diese Quergliederung des Raumes, die sich in Breite der Brücken an den verglasten Wänden in massiven Pfeilern fortsetzt, beeinträchtigt die Gesamtwirkung des Raumes erheblich. Die Brücken beengen den Blick in der Tiefenrichtung und unterbrechen die ruhige, nichts prätendierende und gerade darin so außerordentlich sachlich wirkende Reihung der unter sich völlig gleichen Elemente des Tonnen- und Stützensystems der Konstruktion. Auch in der absichtlich und ohne konstruktive Notwendigkeit breit und schwer gehaltenen Ausbildung des Randes der Brückenbahn liegt ein Widerspruch zu der freien Leichtigkeit der gesamten Raumwirkung. Da es sich um Fußgängerbrücken handelt, wären hier vielleicht Stege aus dünnem Eisenwerk besser am Platz gewesen. Die Aufbauten aus Glas und Eisen an den Brückenenden zeigen die Möglichkeiten.

Die beiden Schmalseiten der Halle werden abgeschlossen durch das Klinkermauerwerk der hier ansetzenden, 29 m hohen Kopfbauten der Kühlraumanlage und des Bürohauses. Dieser gewollt unvermittelten, als Kontrast betonten Funktion des Abschlusses, die im Innern der Halle den weißgestrichenen Betonflächen brüsk die Backsteinwände entgegenstellt, entspricht — ins Massenhafte übersetzt — der äußere Aufbau der Kopfbauten. Ihre Höhenentwicklung ist bewußter Kontrast zur flüchtigen Längendynamik der Tonnenreihe über der Halle. Kontrast zu ihrer Leichte ist die pylonenhafte Massigkeit, durch die dunkle Backsteinhaut kantig und stählern gemacht. Und Kontrast — im Kontrast — sind die gläsernen, durchsichtigen Treppenhäuser und Aufzugschächte, die mit horizontalen Betonrippen an den Schmalseiten der Kopfbauten aufliegen. Sie übersteigen ihre Höhe und überkappen ihren oberen Abschluß, in der Silhouette wie riesenhafte Akroterien wirkend. Das leiterartige Geschichte der Treppenhausgliederungen setzt sich in wagerechten Betonbändern und Fensterreihen fort, um in den hakenförmig anschließenden Wohnbauten auszuklingen.



Treppe im Kühlhaus.



Treppe im Bürohaus.

Zweifellos steckt in all dem viel künstlerischer Spieltrieb mit der Form und mit den Kunstmitteln um ihrer selbst willen. Das gilt für die Einzelform und gilt für den Gesamtaufbau, der Kühlhaus und Bürohaus auf eine Formel bringt und sie als Endpfeiler einer Raumbildung setzt, die — ihrem Wesen nach in sich geschlossen und von stoffüberwindender Leichte — der klotzhaften Eindämmung ihrer Dynamik widerstreitet. Indessen, eine souveräne künstlerische Beherrschung der Mittel läßt dieses Spiel mit dem Kontrast nicht in Selbstgenügsamkeit verebben. Ueberall wird die Kontrastwirkung zugleich Ausdeutung der technischen Absicht und der praktischen Zwecke. Diese Technisierung der dekorativen Form ist besonders reizvoll in den Einzelheiten zu verfolgen: bei den Hallentoren und ihrem Kantenschutz aus eisernen Bügeln, bei den einfachen Lagerräumen in der Importhalle mit der ringförmig geschützten Eisenleiter, bei den Läden, Galerien und Fluren ebenso wie bei den Treppenhäusern, Aufzügen und Uhren: überall die am Sachlichen entwickelte Formvorstellung. Mit meisterhafter Uebersicht ist die Einheitlichkeit des großen Maßstabs gewahrt, vom Gesamtrelief der Architektur bis zur nebensächlichen Einzelheit, und nichts überzeugt mehr von der Richtigkeit der Formgebung als der Zusammenklang der großen Masse der Haupthalle mit den reinen Nutzkonstruktionen der überdeckten Entladegleise und der Importhalle.

Neben der künstlerischen Leistung steht gleichrangig die technische der Konstrukteure und die organisatorische der Bauleitung. Davon zeugen die Zahlen der

Ausführungszeiten und Kosten.

Ende Dezember 1926 wurde der Haupthallenbau begonnen. Die Halle konnte nach achtzehnmonatiger Bauzeit am 4. Juni 1928 dem Betrieb übergeben werden. Gleichzeitig mit der Hallenöffnung zog im Bürohaus, das im April 1927 begonnen worden war, die Marktdirektion und die Bauleitung der Großmarkthalle ein. Das Kühlhaus, im März 1927 begonnen, wurde schon nach zwölf Monaten in Benutzung genommen. Die Fertigstellung der Gesamtanlage erforderte 18 Monate. Mit besonderen Schwierigkeiten war der Bau der Importhalle verknüpft, der ohne Störung des Geschäftsbetriebes der darin befindlichen Händlerschaft durchgeführt werden mußte und durch die ungünstigen Bodenverhältnisse und die ungenügende Festigkeit der Kriegsbauweise des Jahres 1917 Pfeiler- und Fundamentverstärkungen mit sich brachte. Die Arbeiten wurden im Monat April 1927 begonnen. Am 19. November 1927 konnte die städtische Schulkinderspeisung ihren Betrieb eröffnen, während sich die Fertigstellung der übrigen Räume bis Juli 1928 hinzog. Die beiden Wohnungsbauten konnten, da sich bei der Bereitstellung des Geländes Schwierigkeiten ergeben hatten, erst im Frühjahr 1928 in Angriff genommen werden und Ende Oktober 1928, somit nach achtmonatiger Bauzeit, fertiggestellt werden. Die Gesamtbausumme von nahezu 15 Millionen Reichsmark, von der nur ein Teil auf rein bauliche Ausgaben entfällt, verteilt sich ungefähr wie folgt: Hallenbau 4 540 000 RM, Bürohaus 1 020 000 RM, Kühlhaus 1 650 000 RM, Straßenbauten 720 000 RM, Gleisanlage 1 620 000 RM, Gelände 2 470 000 RM, Importhalle 1 050 000 RM, Wohnbauten 860 000 RM, Sortieranlage 110 000 RM, Schulkinderspeisung 520 000 RM.

Die Entwurfbearbeitung und Bauleitung führte Professor E l s ä s s e r mit dem städtischen Hochbauamt durch. Hauptmitarbeiter waren Regierungsbaumeister a. D. S c h u l z als Bauleiter, Architekt H. F. W. K r a m e r im Entwurfsbüro, und Technischer Oberinspektor H e n n i g als erster Bauführer.

Der ingenieurtechnische Aufbau der Großmarkthalle in Frankfurt a. M.

Von Regierungs- und -Baurat Kaumanns, Potsdam.

Die neue Großmarkthalle in Frankfurt a. M. verdankt ihre eindrucksvolle Gestaltung in erster Linie der Anwendung des neuen „Zeiß-Dywidag-Schalengewölbes D. R. P.". — Wegen der Neuartigkeit der Berechnung und Ausführung dieser Bauweise seien nachfolgend deren Begriff, Entwicklung und Eigenart kurz geschildert *).

Das Zeiß-Dywidag-Schalengewölbe.

Unter Schalen versteht man Gebilde, die nach einfach oder doppelt gekrümmten Flächen geformt sind und im Verhältnis zur Flächenausdehnung eine sehr geringe Wandstärke besitzen. Die bedeutsamsten Forscher des letzten Jahrhunderts haben sich mit der Lösung der schwierigen Aufgabe beschäftigt, geeignete Berechnungsunterlagen für die Ausführung derartiger Ueberbauten zu finden. Bei diesen Untersuchungen bereitete die Bestimmung der Biegungsspannungen besondere Schwierigkeiten.

Wenn auch die Berechnung für die einfache Schalenform und schließlich auch für die biegungssteife, doppelt gekrümmte Schale gelang, so war doch die Berechnungsweise derart verwickelt, daß ihre Anwendung auch in einfachen Fällen große Mühe verursachte und daher nur vereinzelt verwertet wurde.

Erst das Zusammenwirken der Firmen Karl Zeiß, Jena und Dyckerhoff & Widmann A. G., Biebrich a. Rh., bei dem Bau der Schottkuppel in Jena ergab wertvolle Fortschritte. Vor allem aber schuf die Erfindung des Zeiß-Dywidag-Schalengewölbes D. R. P. durch Professor Dr. Ing. Bauersfeld, Jena und Oberingenieur Dischinger, Biebrich a. Rh., die Grundlage einer einwandfreien übersichtlichen Berechnung dünnwandiger Schalen zur Ueberspannung von Räumen über recht- und vieleckigem Grundriß. Um die weitere Entwicklung der Schalenbauweise und besonders ihre Anwendung auf die Kreissegmentform des Gewölbes hat sich ferner Dipl.-Ing. Finsterwalder, Biebrich a. Rh., verdient gemacht.

Die Kennzeichnung des Zeiß-Dywidag-Tonnengewölbes (Abb. 1) ist die biegungsfeste Einspannung einer gewölbten Schale zwischen weit auseinander stehenden Bindern. Die letzteren haben bei der Schalentonne die gleiche Wirkung, wie sie bei der Schalenkuppel durch die doppelte Krümmung erreicht wird (Abb. 2). Die Schale dieser Tonnengewölbe gibt alle Kräfte in tangentialer Richtung derart an die versteifenden Binder ab, daß sie selbst von Biegungskräften nicht beansprucht wird. Diese Eigenschaft kommt auch in der Form des Gewölbes zum Ausdruck. Während solche Gewölbe bisher nach der Eigengewichtsstützlinie geformt waren und der wagerechte Schub des Gewölbes durch Zugstangen oder entsprechende Widerlager aufgenommen wurde, besitzt das Zeiß-Dywidag-Tonnengewölbe gegenüber der Eigengewichtsstützlinie eine überhöhte Form und wird durch Scheiben, die auch Binder oder Stirnwände genannt werden, ausgesteift. Dieses neuartige Tonnengewölbe besitzt folgende Vorteile:

1. Das Gewölbe ist in der Lage, nicht nur in der Richtung des Gewölbes selbst, sondern auch senkrecht dazu in der Richtung nach den Bindern eine Tragwirkung auszuüben.
2. Der im Scheitel bestimmte wagerechte Schub des Gewölbes wird nach den Kämpfern hin immer kleiner und an diesen selbst zu Null, so daß die Aufnahme des bei den sonst üblichen Gewölben zu beachtenden wagerechten Schubes sich erübrigt.
3. Auch einseitige Belastung und Verkehrslast können infolge der Aussteifung des Gewölbes durch die Stirnwände keine wesentlichen Biegungsspannungen in der dünnen Schale bewirken.

Die Bauweise zeigt also eine eigenartige Verbindung einer Gewölbe- und einer Trägerkonstruktion. Man kann sich diese Ausführungen aus einer Eisenbeton-Plattenbalkendecke entwickelt denken. Anstelle der ebenen über viel kleine Felder gespannten Platte tritt eine gewölbte, zwischen Rippen eingespannte Schale, die durch Stirnwände (Binder) versteift wird. Die an den Kämpfern der Schalengewölbe auftretenden Schubkräfte werden durch Zugkräfte in den beiderseitigen Randgliedern aufgenommen. Die Schalengewölbe wirken daher zusammen mit diesen Randgliedern als ein einheitlicher räumlicher Träger, der die gesamten Lasten nach den aussteifenden Binderscheiben überträgt und große Spannweiten zu überbrücken imstande ist. Die Binderscheiben steifen die Gewölbe aus und halten sie von Biegungsmomenten frei.

Die Entwicklungs- und Anpassungsmöglichkeit dieser Schalengewölbe bietet ein weites Anwendungsfeld. Die verschiedenen Querschnitte in Abb. 3 bringen einige Beispiele.

Querschnitt a zeigt die erste Anwendung dieser Bauweise bei der Dywidag-Halle auf der Gesolei 1926 in Düsseldorf. Das elliptische Gewölbe besitzt bei 11,3 m Gewölbespannweite und 3,5 m Stich eine Wandstärke von 3 cm, während die freitragende Länge des Gewölbes, also die Trägerspannweite, 23 m beträgt.

Querschnitt b stellt die unten näher beschriebene Gewölbeschale der Großmarkthalle in Frankfurt a. M. dar. Hier ist das elliptisch geformte Gewölbe bei 7 cm starker Schale in kastenförmige Randbalken eingespannt.

Querschnitt c ist bei der Flugzeughalle in Kowno gewählt. Er zeigt abweichend von den beiden ersten Querschnitten keine senkrechten Endtangenten, sondern eine kreissegmentförmige Schale von 5 cm Stärke, die in kräftige Randbalken eingespannt ist. Diese Ausführung gestattet unter Vermeidung größerer Schneesäcke zwischen den einzelnen Gewölben eine sehr flache Gestaltung der Tonnen, die gegenüber dem Torkretieren an den steileren Flächen der Querschnitte a und b das Einbringen des Betons in der üblichen Weise über die gesamte Tonnenfläche gestattet**).

Ausführung der Großmarkthalle.

Allgemeines.

Die nach den Plänen des Frankfurter Baudirektors Professor Elsaesser erbaute Großmarkthalle Frankfurt a. M. überspannt ohne jede Zwischenstütze einen Raum von 50 m Breite, 220 m Länge und 23 m Höhe (Abb. 4). Diese kühne Ausführung in Eisenbeton wurde nur durch sinnreiche Verwendung des Dywidag-Schalengewölbes ermöglicht. In scharfem Wettbewerb gegen Eisen- und Holzkonstruktionen ist die Ausführung in massiver Bauweise aus wirtschaftlichen und baukünstle-

*) Siehe auch Handbuch f. Eisenbeton Bd. VI, 4. Aufl., 2. Kap., bearbeitet von Dipl.-Ing. Dischinger.

**) Siehe auch Dischinger und Finsterwalder „Eisenbetonschalendächer System Zeiß-Dywidag" Bauingenieur 1928, Heft 44 bis 46.

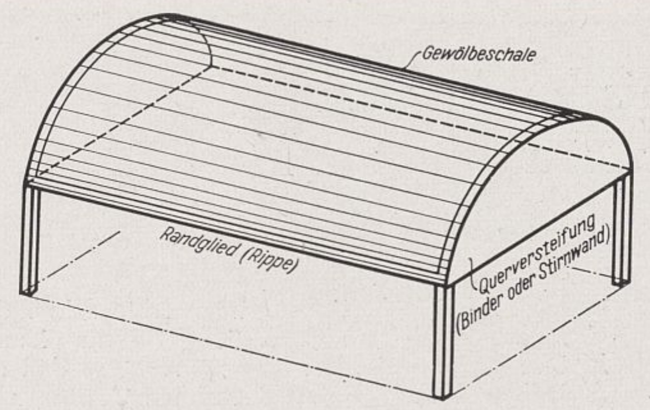


Abb. 1. Querversteifte Schale.

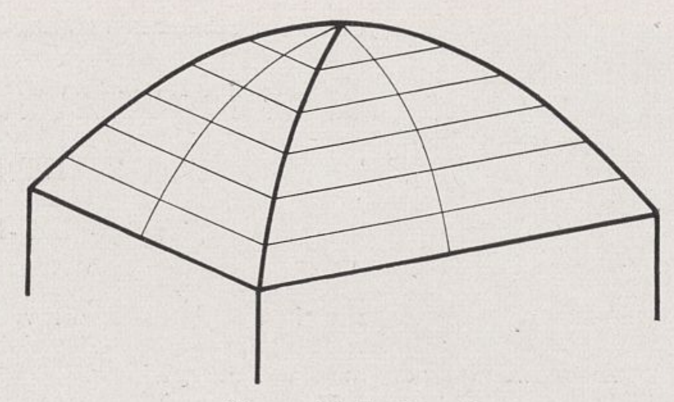


Abb. 2. Schalenkuppel.

rischen Gründen gewählt worden. Auch Feuersicherheit, Haltbarkeit und geringe Unterhaltungskosten sprechen hierbei ausschlaggebend mit. Die Halle besitzt die größte und weitestgespannte Eisenbetonträgerkonstruktion der Welt.

Die allgemeine Anordnung der Eisenbetonkonstruktion in Ansicht, Schnitt und Grundriß ist aus den Abbildungen im ersten Teile dieses Heftes zu erkennen. Quer zur Längsrichtung der Halle überspannen 15 Tonnengewölbe mit einer Trägerspannweite von 36,9 m sowie einer Gewölbespannweite von 14,10 m und einem Stich von 6 m, gestützt auf Schrägstützen, die 11 000 qm große Grundfläche der Markthalle. Jeweils 5 Tonnen sind zu einem Bauabschnitt zusammengefaßt, so daß drei hinsichtlich der Standfestigkeit völlig unabhängige Hallenteile entstehen, die Wärmeschwankungen in jeder Richtung aufnehmen können.

Versuchsgewölbe.

Die Neuartigkeit eines Bauwerkes mit solchen Ausmaßen bewog die Baupolizei, trotz der eingehenden Vorversuche in den Werkstätten der ausführenden Firma Dyckerhoff & Widmann A.-G. in Biebrich a. Rh. eine Probetonne im Maßstabe 1 : 3 der natürlichen Größe neben der Baustelle errichten und diese den ungünstigsten Belastungen aussetzen zu lassen (Abb. 11).

Mit der Ueberwachung und Auswertung dieser lehrreichen Belastungsversuche wurden die Professoren Spangenberg und Kleinlogel *) beauftragt. Entsprechend dem verkleinerten Maßstabe erhielt die Versuchstonne eine Gewölbespannweite von 4,7 m, einen Stich von 2 m und eine Trägerspannweite von 12,30 m. Die Gewölbeschale

*) Siehe auch Kleinlogel „Die Schalengewölbe der Großmarkthalle Frankfurt a. M.“, Beton u. Eisen 1928, Heft 1 u. 2.

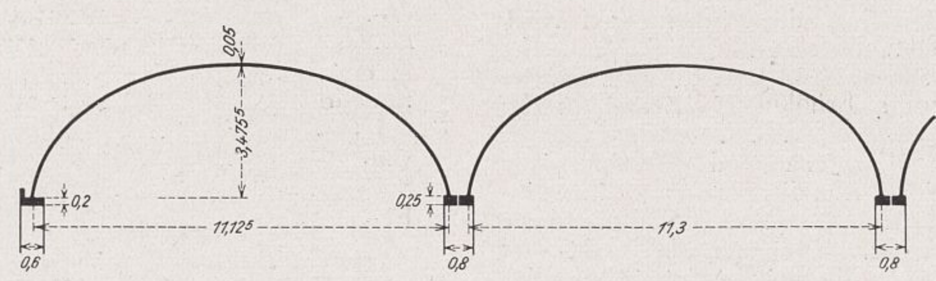


Abb. 3 a. Querschnitt der Dywidaghalle in Düsseldorf.

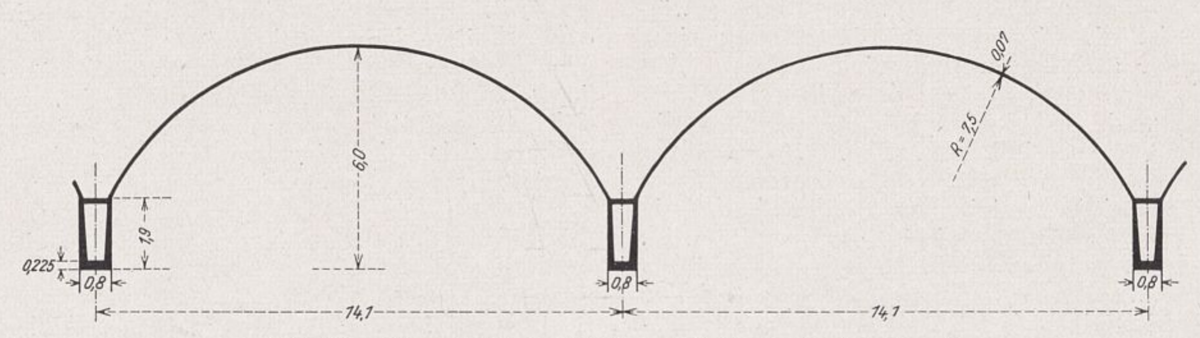


Abb. 3 b. Querschnitt der Großmarkthalle in Frankfurt a. M.

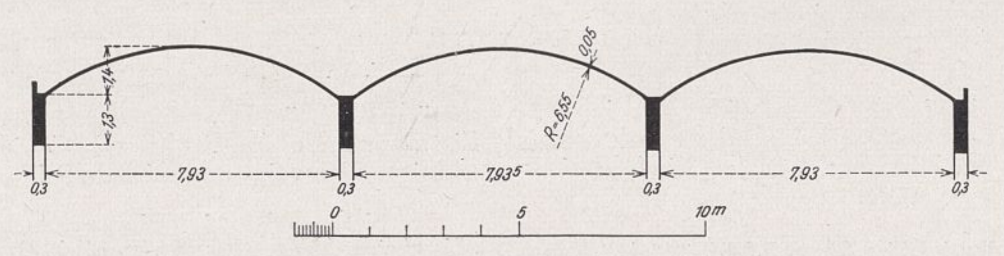


Abb. 3 c. Querschnitt der Flughalle in Kowno.

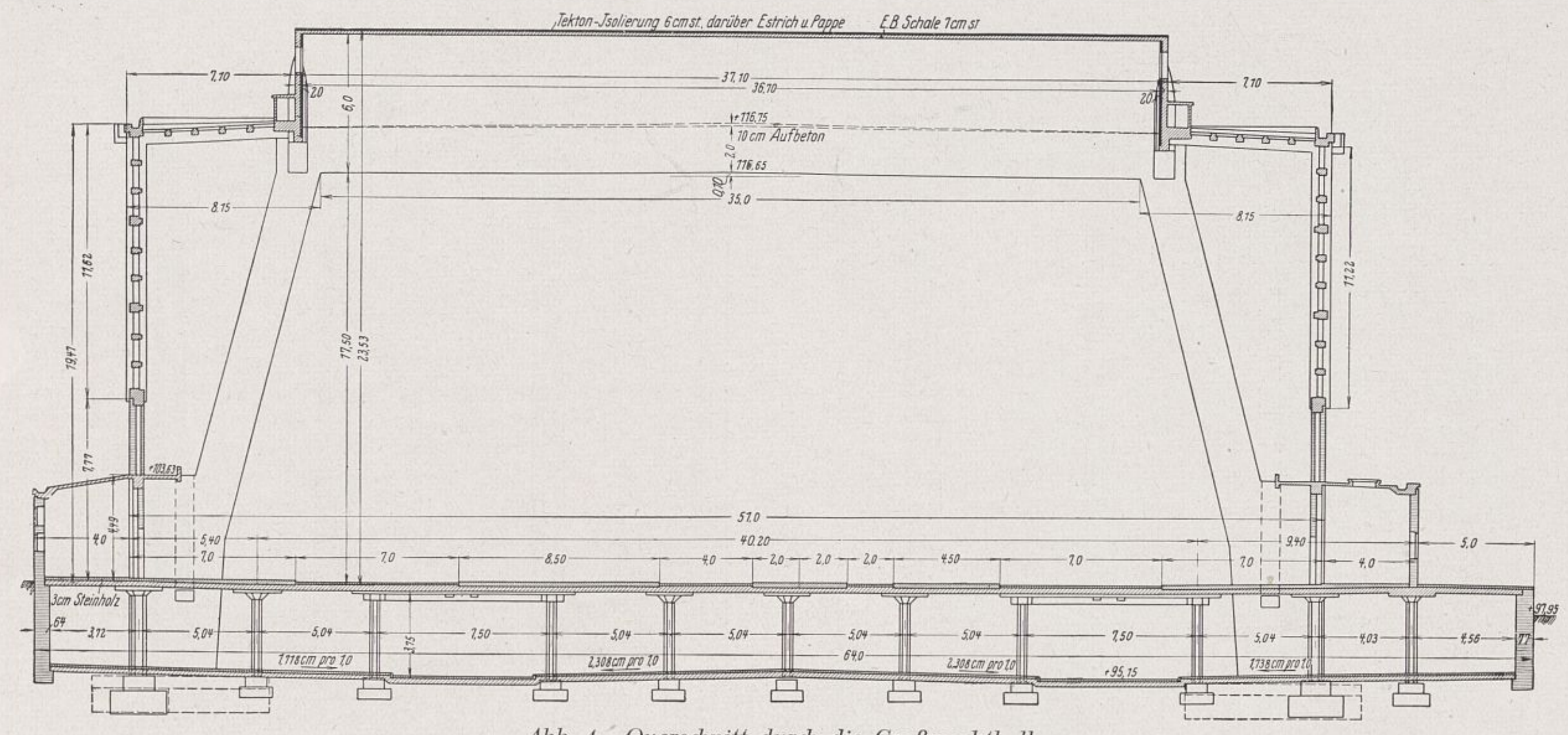


Abb. 4. Querschnitt durch die Großmarkthalle.
Aus „Beton und Eisen", XXIII. Jahrgang 1928, Heft 1 u. 2. Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin.

erhielt eine Stärke von 2,7 cm. Nach neuntägiger Erhärtungsdauer wurde die Belastung bis zu 50 v H Erhöhung der rechnerischen Schneelast vorgenommen. Die Senkung des Scheitels und die Durchbiegung des Randgliedes zeigten im Vergleich zur Spannweite sehr kleine Werte. Der zweite Versuch wurde unter stufenförmiger Steigerung der Belastung, bei der auch die Beanspruchung durch einseitige Belastung geprüft wurde, so lange fortgesetzt, bis die ersten feinen Zugrisse in den Randgliedern auftraten. Die weitere Erhöhung der Belastung um 65 v H über die rechnungsmäßige Höchstlast brachte zwar eine geringe Vergrößerung der Haarrisse, doch blieben diese immer noch so fein, daß sie schon bei 1 m Entfernung mit unbewaffnetem Auge nicht mehr wahrgenommen werden konnten. Die Formänderung betrug nur $^1/_{3500}$ der Spannweite. Das Ergebnis der Versuche war also ausgezeichnet und bewies die Richtigkeit der Standfestigkeitsberechnung sowie der Voruntersuchungen.

Ausbildung der Schalentonnen und ihrer Unterstützung.

Die nach einer Halbellipse geformten Schalen besitzen im Scheitel nur eine Stärke von 7 cm, die sich in der Nähe der Randträger und der Endscheiben mit Rücksicht auf die dort auftretenden Nebenspannungen auf 10 cm erhöht. In bezug auf die Gewölbespannweite von 14,10 m ergibt sich also eine ungewöhnlich geringe Stärke, die vergleichsweise erheblich dünner als eine Eierschale ist. Die Schale ist mit 5 Lagen Rundeisen

Abb. 5. Bewehrung der Dachhaut.

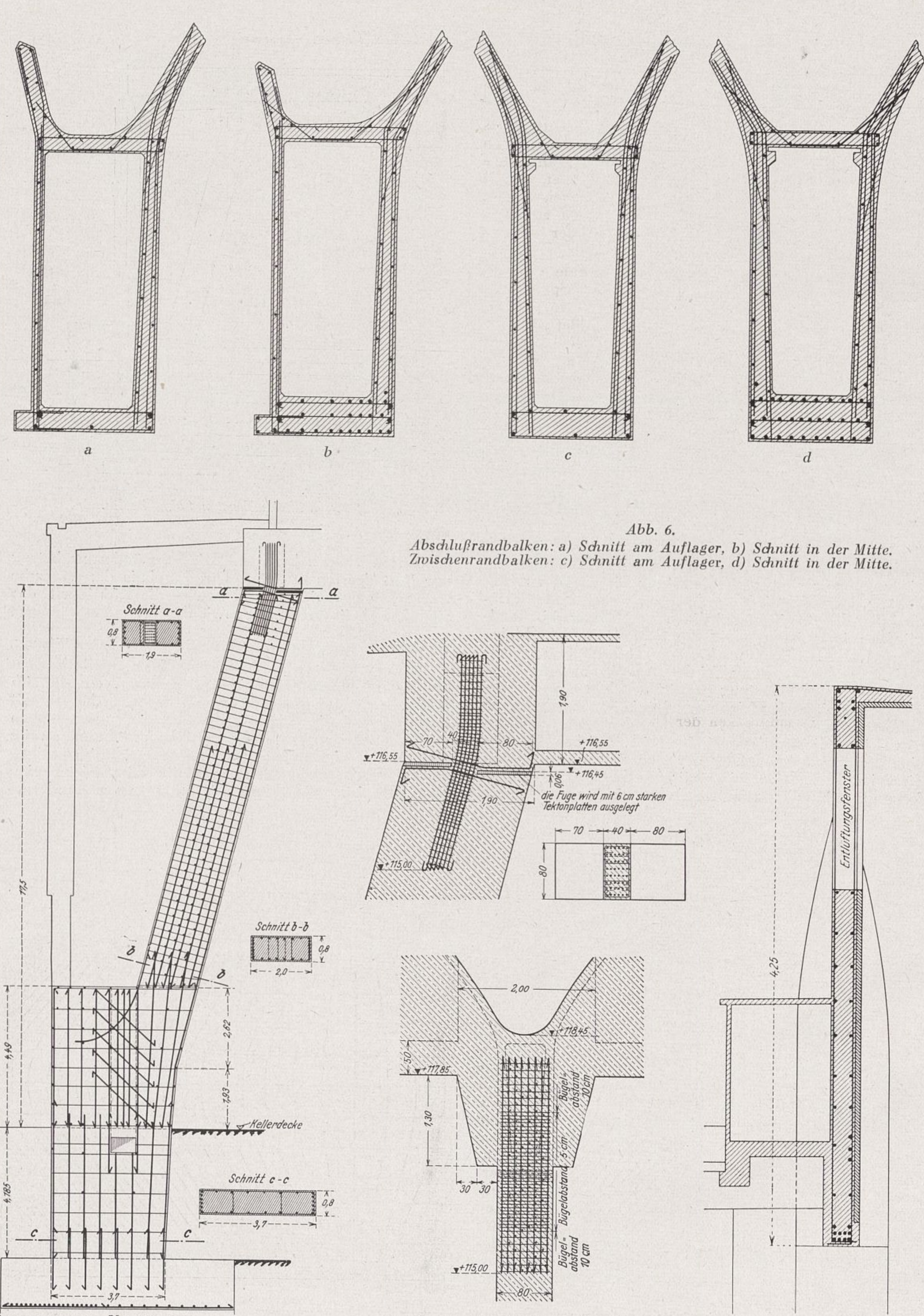


Abb. 6.
Abschlußrandbalken: a) Schnitt am Auflager, b) Schnitt in der Mitte.
Zwischenrandbalken: c) Schnitt am Auflager, d) Schnitt in der Mitte.

Abb. 7. Bewehrung der Schrägstützen.

Abb. 8. Ausbildung des Gelenkes.
Aus „Handbuch für Eisenbetonbau“, S. 317.
Verlag Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin.

Abb. 9. Senkrechter Schnitt durch die Binderscheibe.

bewehrt, und zwar sind abwechselnd 3 Lagen von 12 mm starken und dazwischen zwei Lagen von 6 mm starken Verteilungseisen angeordnet (Abb. 5). Die einzelnen Lagen sind möglichst in der Richtung der Hauptspannungen verlegt.

Der Gewölbebeton ist in Mischung 1 : 4 mittels des Torkretverfahrens eingebracht. Als Baustoffe wurden Kiessand bis zu 7 mm Korngröße und der hochwertige Portlandzement „Dyckerhoff-Doppel" verwendet, so daß die beschleunigte Erhärtung der Schale gewährleistet war. Durch vier Turmdrehkrane wurde der Beton zur Verwendungsstelle gebracht. Die Abdeckung der Schalen erfolgte durch Tektondichtung (Abb. 10).

Von dem 6 m hohen Stich der Tonnenschale entfallen 2 m auf den Randträger, der bei einer Spannweite von 36,9 m kastenförmig mit einer Breite von 80 cm und einer Wandstärke von 10 cm ausgebildet ist. Die Querschnitte des Randträgers zwischen zwei Tonnen in der Mitte und am Auflager sind in Abb. 6 c u. d die entsprechenden Querschnitte des einen Bauabschnitt abschließenden Randträgers in Abb. 6 a u. b dargestellt. Durch den 2 m hohen Randbalken wird die Schneeansammlung zwischen den Tonnen um dieses Maß verringert. Die hohlkehlenförmige Gestaltung des oberen Balkenteiles mit Gefälle nach den Außenwänden bewirkt eine gute Entwässerung der Ueberdachung.

Auf den Stirnseiten der Tonnengewölbe übernehmen kräftige Binderscheiben alle Dachlasten, die von den Schalen gemeinsam mit den Randbalken dorthin abgetragen werden (Abb. 9). Diese Stirnscheiben besitzen in Tonnenmitte eine Höhe von 4,25 m, sind als durchlaufende Balken über 5 Felder von je 14,10 m Spannweite mit wechselnden Trägheitsmomenten ausgebildet und ruhen auf den Schrägsäulen. Die Stirnbalken besitzen eine Länge von 70,50 m und sind mit dem Schalengewölbe in einem Guß hergestellt.

Gewölbeschale, Rand- und Stirnbalken sind auf den Schrägstützen gelagert. Diese geben in Verbindung mit den Tonnenrandbalken der Halle die vom Architekten angestrebte wirkungsvolle trapezförmige Gestaltung.

Die stark bewehrten Schrägstützen (Abb. 7) haben über dem Kellerfußboden eine Höhe von 21,70 m und besitzen am oberen Ende einen Querschnitt von 0,80/1,90 m, der sich bis zu den Laufstegen 4,50 m über dem Fußboden der Halle auf 0,80/2,0 m vergrößert. Dort verbreitert sich die Schrägsäule bis zur Außenwand und ruht mit einer Breite von 3,70 m in Höhe des Kellerfußbodens auf dem Fundament. In voller Höhe hat die Säule jedoch in der Längsrichtung der Halle eine Stärke von nur 0,80 m.

Um den rd. 37 m langen Schalengewölben bei Wärmeschwankungen die Möglichkeit der Ausdehnung zu geben, erfolgt die Lagerung auf den Schrägstützen gelenkig, während diese am Fuße zur Uebertragung der Windkräfte in den Fundamenten eingespannt sind.

Allerdings treten in den Schrägsäulen bei Wärmeänderungen geringe Biegungsspannungen auf, die jedoch bei der Höhe der Säulen unbedenklich sind. Die hierdurch bedingte einfache statische Unbestimmtheit hätte man durch Ausbildung der einen Schrägstütze als Pendelsäule vermeiden können. Weil jedoch in diesem Falle der gesamte Winddruck von einer Säule und deren Fundament hätte aufgenommen werden müssen, zog man unter Inkaufnahme unbedeutender Biegungsbeanspruchungen in den Schrägstützen eine gleichmäßige Verteilung des Winddruckes durch den starren kastenförmigen Randbalken auf die beiderseitigen Schrägstützen und deren Fundamente vor. Die Schrägstellung der Stützen wirkt sich auch auf die Beanspruchung des Randbalkens günstig aus. Denn der durch die Schräge entstehende wagerechte Schub setzt den von der Durchbiegung verursachten Zugkräften eine Druckkraft entgegen.

Besondere Beachtung mußte der Ausbildung der Gelenke bei der Auflagerung der Tonnenschalen auf den Schrägstützen geschenkt werden (Abb. 8). Die Gelenkwirkung wurde durch beiderseitige Einlagen von 6 cm starken und 80 cm breiten Tektonplatten in 75 cm Tiefe erzielt. Der in Säulenmitte verbleibende Betonkern von 40 cm stellt mit den 48 Rundeisen von 18 mm Durchmesser und 3,20 m Länge den eigentlichen Gelenkkörper dar. Die Eiseneinlagen sind durch zahlreiche Bügel fest umschnürt. Zur besseren Aufnahme der durch die Stirnscheiben übertragenen senkrechten Lasten liegen die Eisen im oberen Teile senkrecht, während sie unterhalb in der Schrägen der Stütze angeordnet sind.

Ebenso wie die Ausdehnung in der Querrichtung berücksichtigt ist, wird auch einer solchen in der Längs-



Abb. 10. Abdeckung der Schalen.

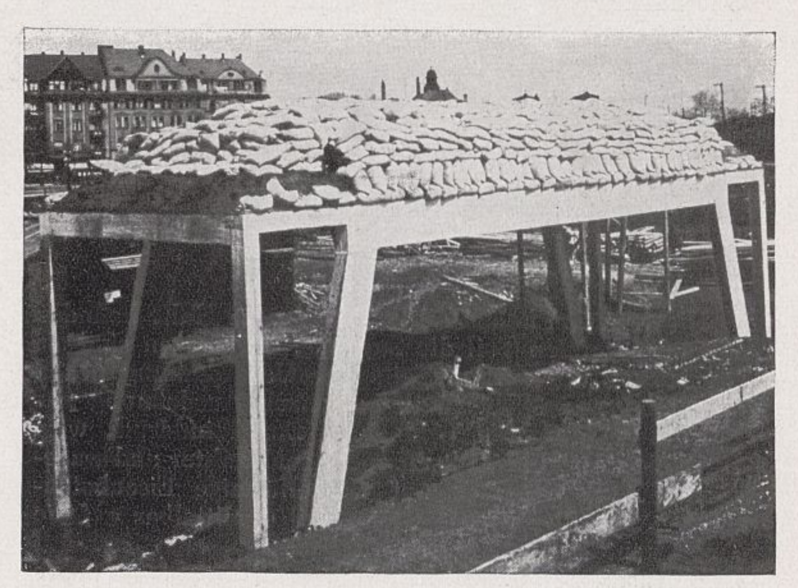


Abb. 11. Versuchstonne der Großmarkthalle unter der größten Belastung.
Aus „Beton und Eisen", XXIII. Jahrgang 1928, Heft 1 u. 2. Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin.

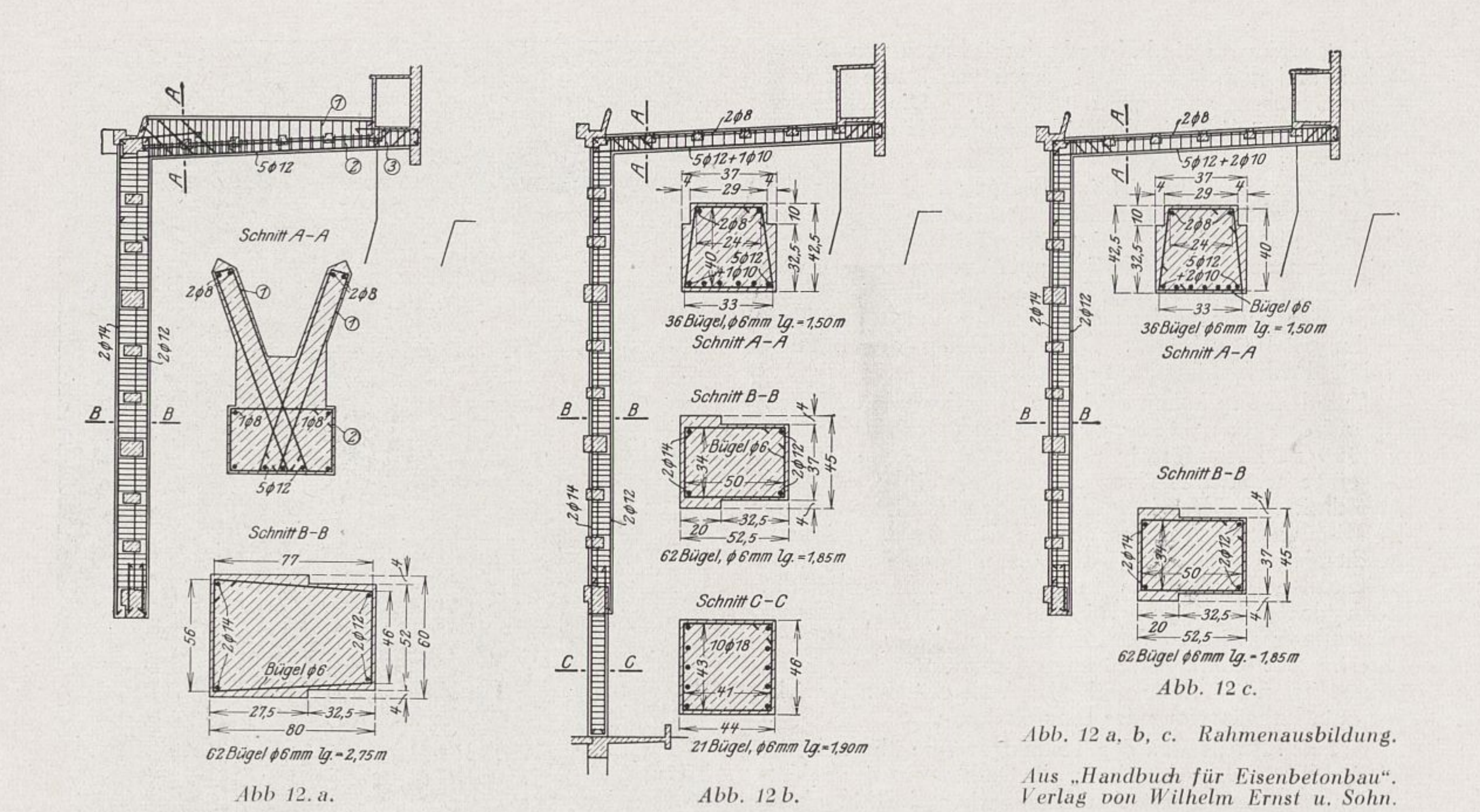


Abb 12. a. *Abb. 12 b.* *Abb. 12 c.*

Abb. 12 a, b, c. Rahmenausbildung.

Aus „Handbuch für Eisenbetonbau". Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn.

richtung Rechnung getragen. Die 70,5 m langen Binderbalken mit den dazwischen gespannten fünf Schalengewölben sind in einem Guß hergestellt und können sich fast ungehindert in dieser Richtung ausdehnen. Denn die in dieser Richtung nur 0,80 m starken Schrägstützen vermögen bei ihrer Höhe von 21,7 m gegen die Wärmeschwankungen kaum einen nennenswerten Widerstand auszuüben.

Der Baugrund besteht aus festgelagertem feinen Kies. Die Fundamente sind bis 1,60 m unter Kellerfußboden hinuntergeführt und besitzen unter den Stützen eine Breite von 7,50 m. Durch zentrische Belastung wird der Boden mit 2,5 kg/qcm, durch die größte Kantenpressung dagegen mit 3,5 kg/qcm beansprucht.

Zwischen den aus je fünf Tonnen bestehenden drei Hallenabschnitten befinden sich auf die Gesamtlänge der Gewölbe 3,5 m breite Oberlichter. Diese sind so ausgebildet, daß die Wärmeausdehnung zweier benachbarter Abschnitte nicht behindert wird. Unter diesen Oberlichtern sind in Höhe der Laufstege die 7,65 m breiten Hallenquerbrücken angeordnet.

Der zwischen Stütze und Außenwand verbleibende Raum ist in Säulenstärke doppelwandig ausgemauert und nur durch den seitlichen Laufsteg unterbrochen. Die so entstehenden Hohlräume sind zur Unterbringung der Entwässerungsrohre für die Dachflächen und der Entlüftungsschächte der Kellerräume benutzt.

Fensterausfachung.

In den 20 m hohen Außenwänden der Halle befinden sich im untersten Teil die Zugänge, im übrigen sind sie ebenso wie die ebenen Teile der Ueberdachung neben den Schalengewölben in ihrer ganzen Ausdehnung zur Lichtzufuhr aufgelöst (Abb. 12). Der Winddruck wird durch eine Anzahl sich kreuzender senkrechter und wagerechter Zwischenbalken auf winkelförmige Eisenbetonrahmen, von diesen weiter zum Teil unmittelbar auf die Fundamente am Fuße der Schrägsäulen, zum Teil auf die Stirnscheiben und schließlich von diesen auf das obere Ende der Schrägsäule übertragen.

Die Ausdehnungsmöglichkeit der Fenstereinfassungen in der Längsrichtung der Wand verursachte gewisse Schwierigkeiten. Während für die Tonnen mit Rand- und Stirnbalken in dieser Richtung eine ausreichende Bewegungsmöglichkeit besteht, setzen die zahlreichen sich kreuzenden Fensterbalken wegen ihrer Steifigkeit der Ausdehnung einen großen Widerstand entgegen. Aus diesem Grunde sind nur die drei mittleren Felder zusammenhängend betoniert und die beiden äußeren Felder durch Spaltung der Hauptsäule von den drei mittleren getrennt worden. Diese Trennung ist von außen nicht sichtbar, weil die gespaltenen Säulen mit Nut und Feder ausgeführt sind. Diese außerhalb der Schrägstützen angeordnete Fensterausfachung ermöglicht eine überaus günstige Beleuchtung der Markthalle.

Alle in Eisenbeton ausgeführten Bauglieder wurden mit Ausnahme der Dachhaut bei einer Mischung 1 : 5 in plastischem Beton hergestellt und für die aufgehenden Bauteile durch die schon erwähnten Turmdrehkrane beschickt. Als Bindestoff kam Dyckerhoffzement, nur für die Randträger ebenso wie bei der Schale hochwertiger Zement zur Anwendung.

Rüstung.

Rüstung und Einschalung der Dywidagschalengewölbe gestaltete sich durch Verwendung des doppelten Zeiß-Netzwerkes verhältnismäßig einfach (Abb. 14 u. 15). Eiserne Netzwerke D. R. P. sind zuerst in einfacher Form von dem Erfinder Prof. Dr. Bauersfeld beim Bau des Zeißplanetariums in Jena benutzt worden. Diese nach dem Grundsatz der räumlichen Tragwirkung zusammengefügten Gebilde können mathematisch genau jedem Gewölbe angepaßt werden. Die einzelnen Glieder werden in Gruppen mit der Stanze hergestellt und sind in kurzer Zeit zusammenzusetzen. Bei den ersten Ausführungen wurden schlaffe Eiseneinlagen über und unter dem einfachen Netzwerk kreuzweise verlegt und mit dem Netzwerk einbetoniert. Die Erkenntnis, daß derartige Gebilde — besonders beim doppelten Netzwerk mit größerem Abstand der beiden Geflechte — eine große Knickfestigkeit und Steifigkeit besitzen, führte dazu, diese Netzwerke nicht mehr einzubetonieren, sondern sie als Unterstützung der Gewölbeschalung zu benutzen. Hier-

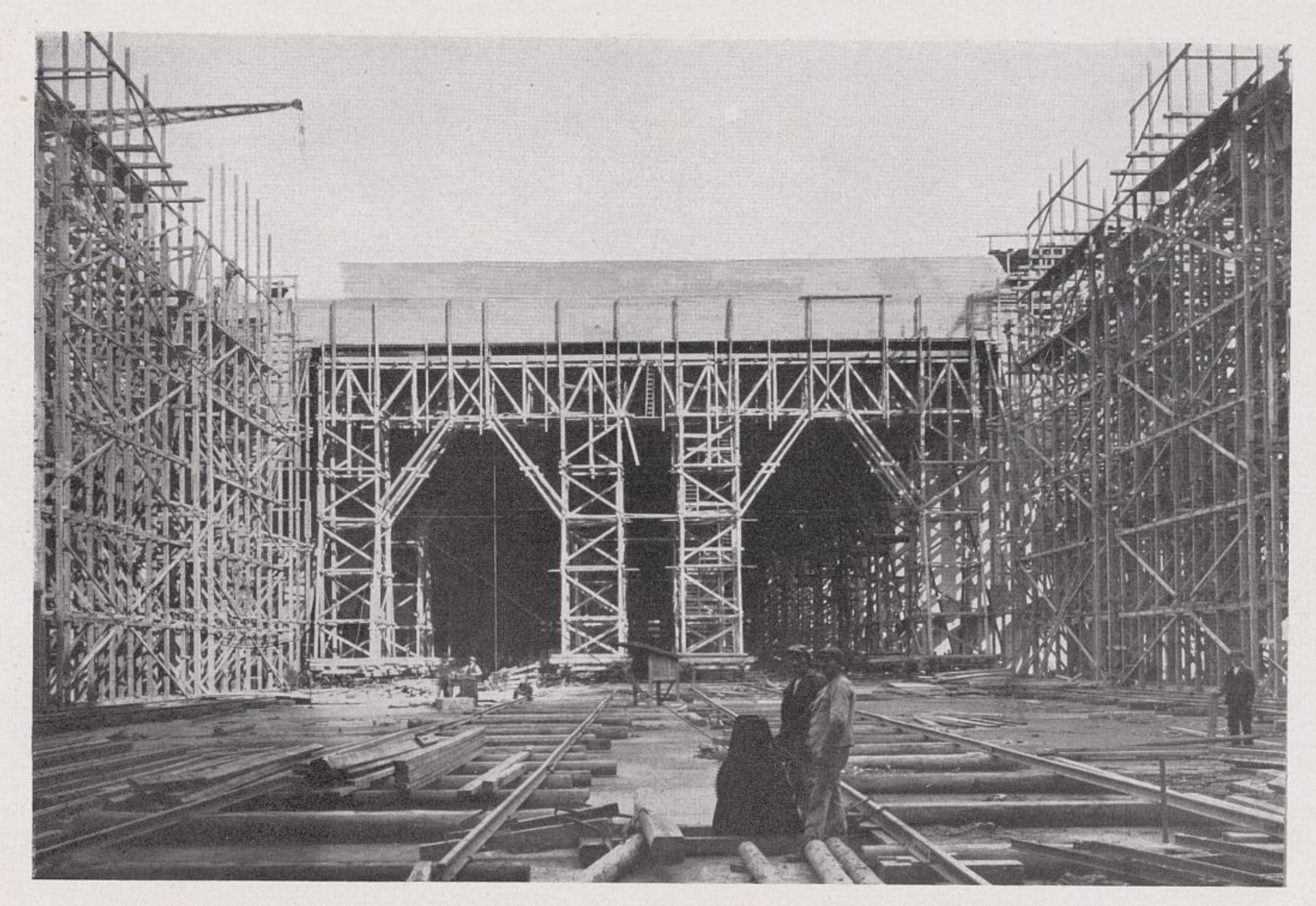


Abb. 13. Fahrbare Rüstung zur Unterstützung der Netzwerke in der Randträgerschalung.

durch gelang es, die Netzwerke nicht nur zur mehrmaligen anderweitigen Verwendung zu gewinnen, sondern auch die Stärke der Gewölbeschale nach dem jeweiligen Bedürfnis beliebig dünn auszubilden. Mit geringen Kosten lassen sich diese Netzwerke für verschiedene Gewölbe umbauen und wieder verwenden. Beim Bau der Markthalle war ein Umbau nicht erforderlich, weil sämtliche Tonnengewölbe die gleichen Abmessungen besaßen. Die Bauweise erwies sich deshalb für diesen Bau als besonders wirtschaftlich. Die Netzwerke, die das 37 m lange und 14 m weit gespannte Gewölbe zu tragen haben, sind durch vier Fachwerkbinder versteift (Abb. 14 u. 15), von denen je zwei ein zusammenhängendes Netzwerk tragen. In der Mitte der Tonnen stoßen die freischwebend

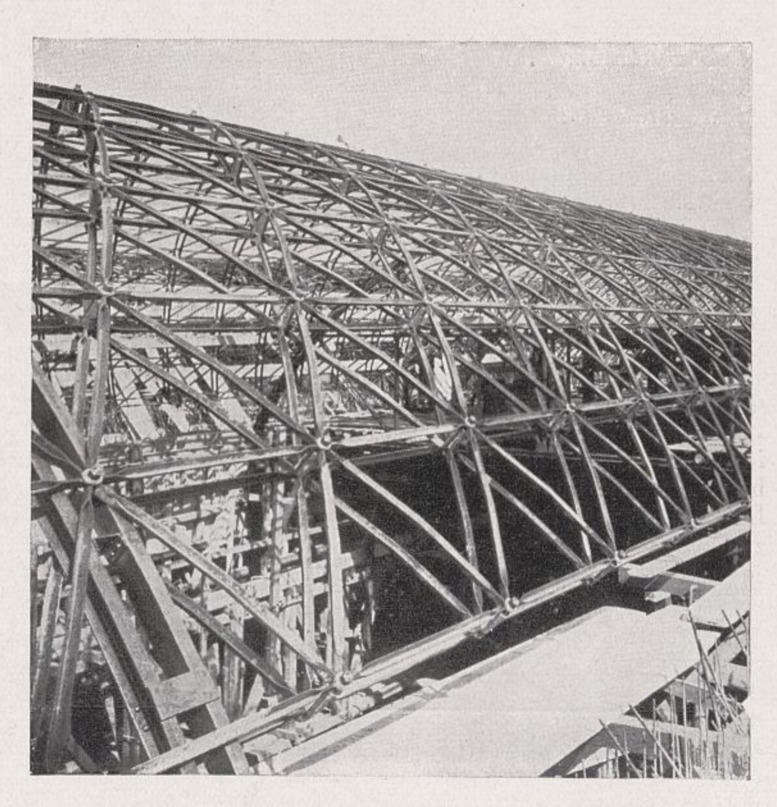


Abb. 14. Das Netzwerk von außen gesehen.
Aus „Beton und Eisen" XXIII. Jahrgang 1928, Heft 1 u. 2
Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin.

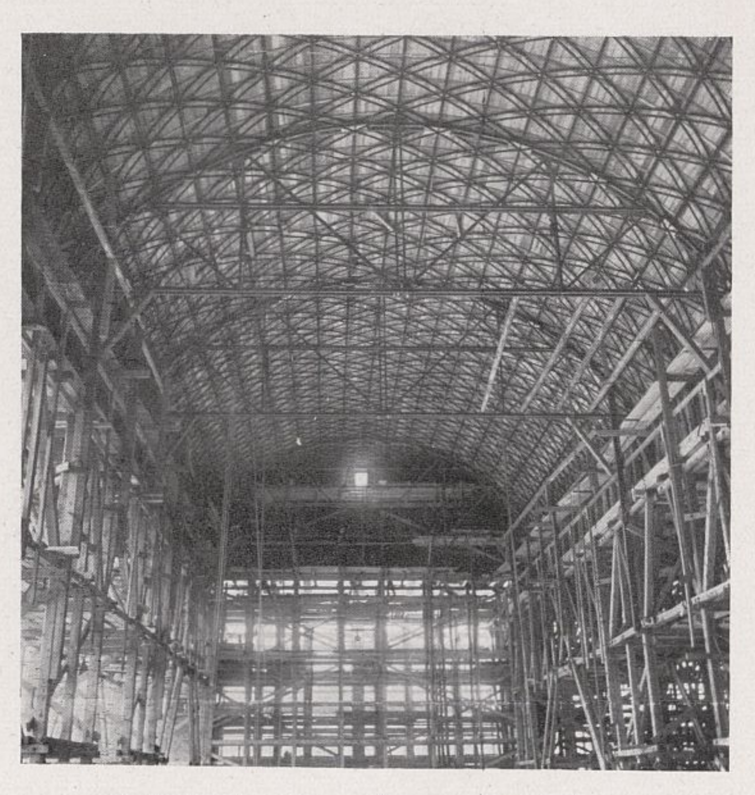


Abb. 15. Das Netzwerk von innen gesehen.
Versteifung durch vier Fachwerkbinder.



Abb. 16. Herstellung der Fundamente und der Kellerdecke mit Beförderungsbändern.

über die beiden mittleren Binder hinausragenden Enden der beiden Netzwerke zusammen. Die vier Binder sind auf die fahrbare Rüstung abgestützt, die auch zur Unterstützung der Einschalung der Randbalken dient (Abb. 13). Die fachwerkartige Rüstung war auf Schienen in der Längsrichtung der Halle fahrbar aufgestellt, so daß nach Erhärten des Betons die Rüstung abgesenkt, verschoben und unverändert mehrfach verwendet werden konnte. Die Außenwände und die ebenen 8 m breiten Dachstreifen außerhalb der Tonnengewölbe wurden auf festen Gerüsten eingeschalt.

Die zweckmäßige Wahl der Einrüstung, vor allem die Verwendung der Netzwerke und der verschiebbaren Gerüste, hatten den Baufortschritt außerordentlich beschleunigt. Der erste Bauabschnitt wurde in zehn Wochen fertiggestellt, während der zweite nur 8 Wochen und der letzte sogar nur 6 Wochen in Anspruch nahm.

Unterkellerung.

Die Großmarkthalle ist in ihrer ganzen Ausdehnung unterkellert, und zwar nicht nur die Halle, sondern auch deren Vorbauten. Sämtliche Kellerdecken (Abb. 16) sind in Eisenbeton größtenteils als Pilzdecken ausgeführt, so daß eine glatte Untersicht der Decke und damit eine gute Entlüftung der Kellerräume bewirkt wurde. Im Keller wurde z. T. auch Hochofenzement verwendet. Der Beton wurde von den Mischmaschinen den jeweiligen Verwendungsstellen durch Gurtförderer zugeführt (Abb. 16).

Der Entwurf zum Konstruktionssystem der Großmarkthalle ist von der Bauunternehmung Dyckerhoff & Widmann A.-G., Biebrich a. Rh., aufgestellt, der auch in Gemeinschaft mit der Wayss & Freytag A.-G. die Bauausführung übertragen wurde.

✦

Mit dem bemerkenswerten Erfolg, den der Bau der Frankfurter Großmarkthalle brachte, gaben sich die verdienstvollen Erforscher der Schalenbauweise nicht zufrieden. Nach den neueren Forschungen würde z. B. die Ueberspannung der Halle mit kreissegmentförmigen Tonnen in der ganzen Breite der Halle von 50 m ohne Schrägstützen zu keinen Bedenken Anlaß geben, wenn die Randbalken mit den in den Außenwänden senkrecht stehenden Stützen rahmenartig verbunden würden.

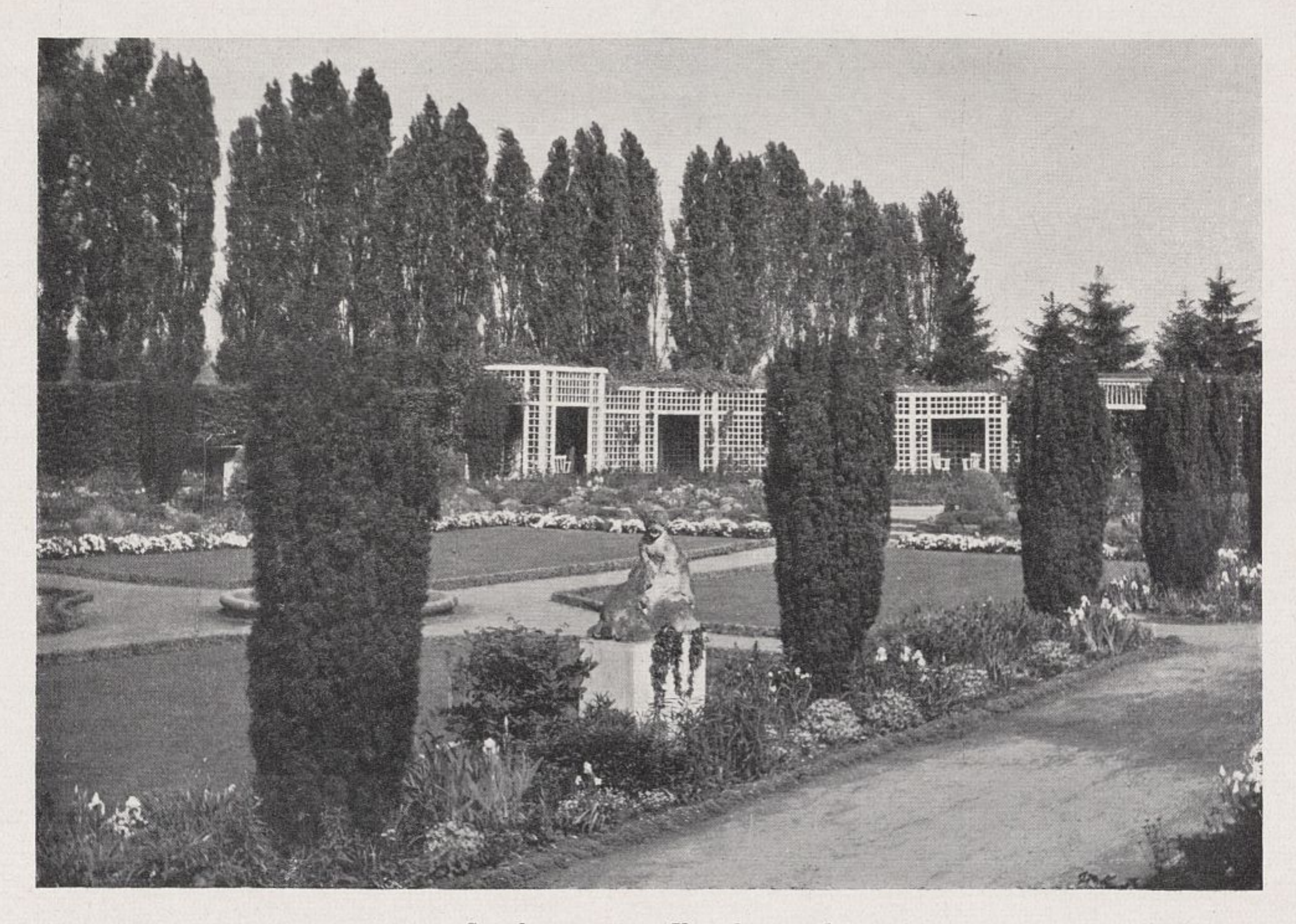
Noch wesentlich größere Spannweiten lassen sich mit diesen Schalengewölben herstellen, wenn durch Verschneiden von mehreren Schalengewölben Vieleckkuppeln erzeugt werden, bei denen die biegungsfreien Grate die aussteifenden Binderscheiben der Tonnen ersetzen. Diese Bauart kommt augenblicklich bei der Großmarkthalle in Leipzig mit drei Massivkuppeln von 75 m Spannweite zur Ausführung. Diese Kuppeln sind die weitestgespannten Massivkuppeln der Welt und übertreffen die Spannweite der bisher größten Kuppeln, nämlich der Jahrhunderthalle in Breslau, um 10 m, obwohl ihr Eigengewicht nur ein Drittel des Eigengewichts dieser Kuppel beträgt.

Es ist ein Erfolg der wissenschaftlichen Erforschung der Eisenbetonbauweise, die in Deutschland besonders gründlich und erfindungsreich betrieben wird.



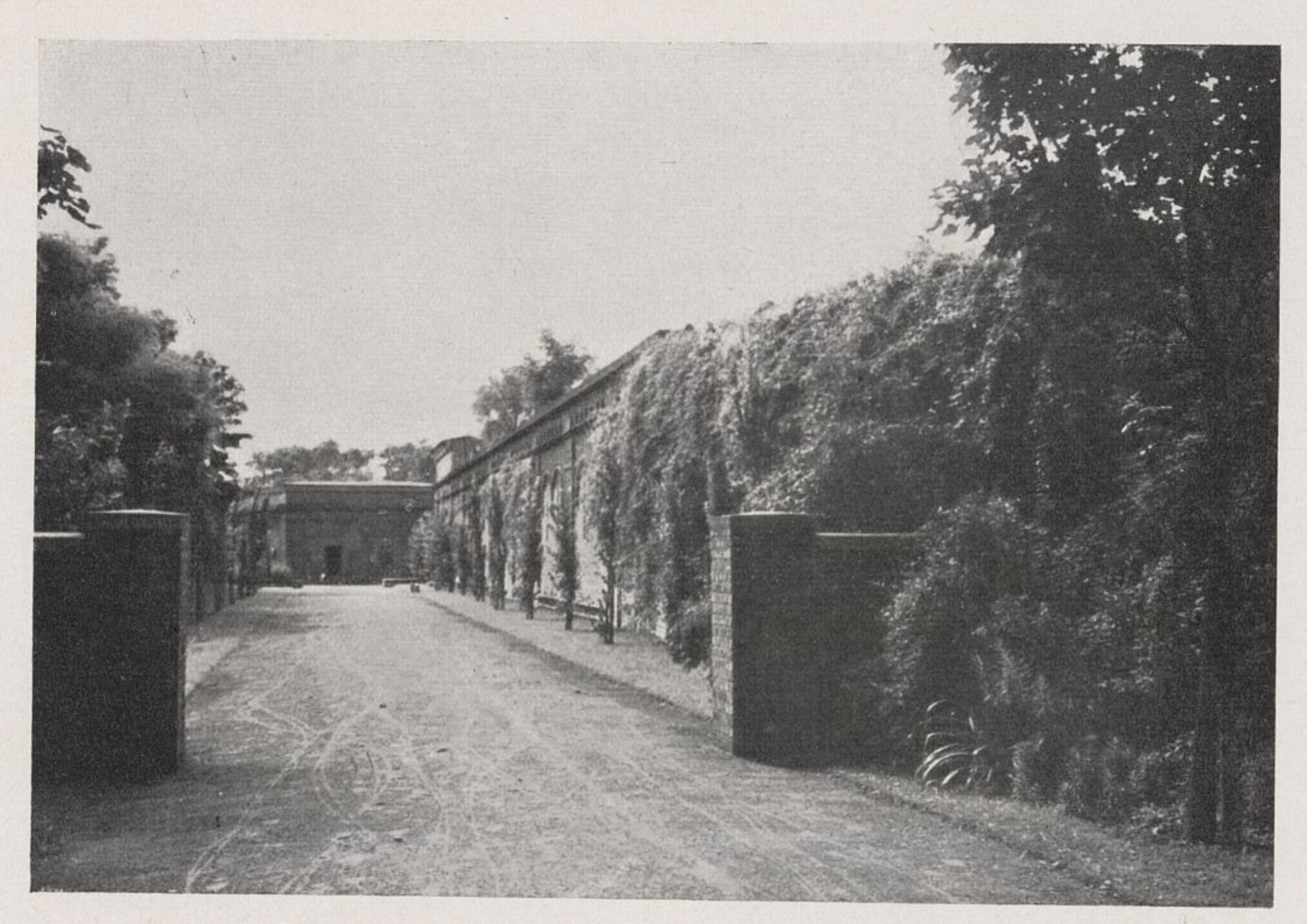


Rosengarten auf dem Kernwerk des Forts X.



Staudengarten im Vorgebirgspark.

DIE GRÜNANLAGEN DER STADT KÖLN.



Ehemaliges Fort Deckstein. Zugang zum Kernwerk von Norden.



Ehemaliges Fort Deckstein. Mittelplatz des Kernwerks.

DIE GRÜNANLAGEN DER STADT KÖLN.

